

バイオントダム災害の数値シミュレーション

鳥取大学工学部 正 員 道上正規
 鳥取大学工学部 正 員 檜谷 治
 東亜建設工業 正 員 ○松田信彦

- はじめに 貯水池などの閉鎖領域において大規模な土砂崩壊が発生すると、それに伴い巨大な波が発生し、ダム構造物や下流域の都市などに大きな被害を及ぼすことが予想される。本研究では、このような水面波を数値計算によって解析し、1963年に発生したバイオントダム災害の数値シミュレーションを行った。
- 基礎式と計算方法 流れの基礎方程式として、次に示す2次元浅水流方程式に基づく式を用いた。それらをマトリクス型で表示すると以下ようになる。

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial y} = C \quad (1)$$

$$U = \begin{pmatrix} h \\ uh \\ vh \end{pmatrix} \quad E = \begin{pmatrix} uh \\ u^2 h + \frac{1}{2} gh^2 \\ uvh \end{pmatrix} \quad F = \begin{pmatrix} vh \\ uvh \\ v^2 h + \frac{1}{2} gh^2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$C = \begin{pmatrix} 0 \\ gh(S_{0x} - S_{fx}) + \frac{\partial}{\partial x} \left[\epsilon \frac{\partial (uh)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\epsilon \frac{\partial (uh)}{\partial y} \right] \\ gh(S_{0y} - S_{fy}) + \frac{\partial}{\partial x} \left[\epsilon \frac{\partial (vh)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\epsilon \frac{\partial (vh)}{\partial y} \right] \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$S_{fx} = \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}, \quad S_{fy} = \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}, \quad S_{0x} = -\frac{\partial z}{\partial x}, \quad S_{0y} = -\frac{\partial z}{\partial y} \quad (4)$$

ここで、 z : 河床高さ、 h : 水深、 u : X 方向の水深平均流速、 v : y 方向の水深平均流速、 g : 重力加速度、 S_{0x} : X 方向の水路勾配、 S_{0y} : y 方向の水路勾配、 S_{fx} : X 方向の底面摩擦勾配、 S_{fy} : y 方向の底面摩擦勾配、 ϵ : 水平方向の渦動粘性係数、 n : マニングの粗度係数。

本研究では、上述の基礎式をマッコーマック法によって離散化し解を求めているが、ここでは紙面の都合上省略する¹⁾。計算領域は、ダム貯水池部を含む流下方向に3750m、横断方向に1800mの領域とし、その領域内を25m×25mのメッシュに分割した。土砂流入のモデル化は、崩壊過程の詳細なデータが存在しないため、崩壊前後の地形変動量が左岸から右岸に向かって速度25m/sで進行するとした。なお、地形変動の先端は崩壊斜面の中心から半円状に広がって進行するとし、先端から250mの範囲の河床を徐々に変化させることで先端部に傾斜を持たせた。このように、河床上昇に伴いその格子点上の水位も上昇させることにより、水面勾配を生じさせ波を発生させた。次に、波の遡上に関する条件として以下の条件を用いた。

dry→wet: 接点周辺の平均水位が接点の河床高よりも2m以上高くなった場合

wet→dry: 水深が1m以下になった場合

また、河床の粗度係数 n は0.1、 $\Delta t = 0.01$ 秒とした。

3. バイオントダム災害の概要と計算結果 バイオントダム²⁾は、1960年にイタリアのペルーノ地方に建設された高さ265mのアーチダムである。このダムは濁水直後からダム直上流の左岸で地滑りが発生し、1963年10月9日について大崩壊が発生した。崩壊は、左岸に沿って約1.8kmの長さで、厚さ約250mの土塊が右岸に向かって20m/s～30m/sの速度で約400m移動した。移動した土塊の量は2

億6千万m³と書かれている。崩壊前後の地形を図-1、図-2に示す。この崩壊は貯水池を横に横断する形で発生しており、貯水池の水が右岸に打ち上げられ、右岸では貯水池水位(標高700m)よりも最大で約270mの高さまで波が到達した。さらに、直下流のダムでは天端より約100mの高さの波が流下し、下流で約2千人の人命が失われた。なお、右岸での波の最大到達点を図-1で示し、図-3はその標高を示している。それぞれ、太い実線が観測地であり、細い実線が計算結果を示している。また、図-4は土砂崩壊が始まってから約50秒後の鳥瞰図である。計算結果は、観測地をほぼ再現できているが、0.5~1.0kmの範囲ではやや異なっている。これは、この範囲の斜面が急勾配のため遡上条件を満たさなく、打ち上げ高が小さくなったと考えられる。

4. おわりに 実例としてイタリアのバイオントダム災害の再現計算を行い、ある程度の精度で再現することが可能であることが分かった。今後、実際の崩壊土砂の移動特性を計算に取り込むことができれば計算精度は向上するものと思われる。

参考文献

- 1) 道上ら、貯水池における表面波の数値解析、第45回中四、pp.230-231、1993
- 2) 尾崎雅篤、バイオントダムの地すべりについて、地すべり、Vol.2(2)、pp.26-29、1966
- 3)、4) Sell and Trevisan、1964

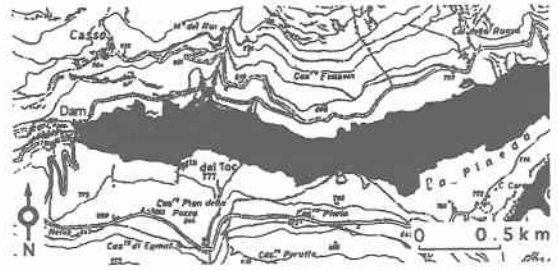


図-1 崩壊前の地形³⁾

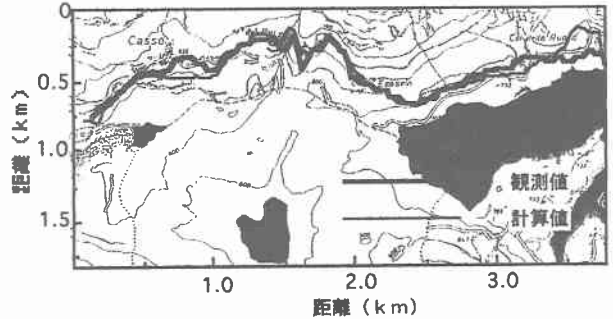


図-2 崩壊後の地形および波の最大到達位置⁴⁾

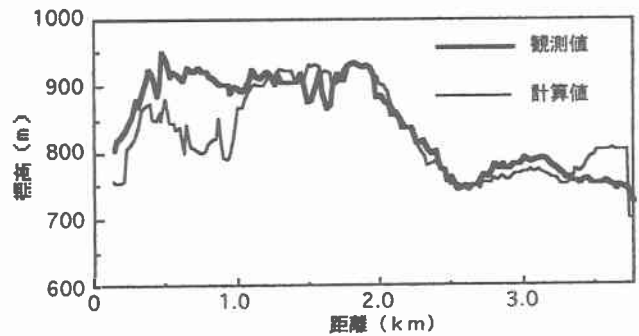


図-3 波の最大到達高さ

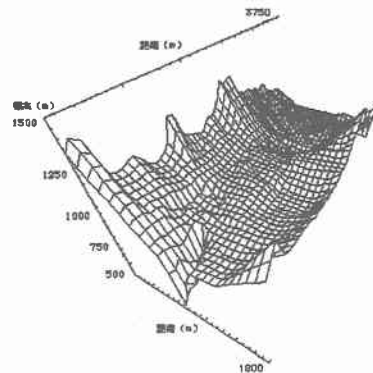


図-4 バイオントダムの再現結果