

1 はじめに

宮崎県は1978年地震予知連絡会から、地震多発地域として、地震予知のための特定観測地域に指定されるなど、今後日向灘、霧島を震源とする大規模地震の発生が強く懸念されている。そのとき近代都市機能の中枢をなす施設・構造物の壊滅的損壊はもちろんであるが、今後は農業用溜池が地震時には新たな危険要因となってくる可能性がある。なぜなら近年農業の衰退とともに、これら溜池は灌漑としての意味はなくなり、次第に廃池となりつつある。その結果維持管理もなされないまま放置されつつある。そこで筆者は宮崎市の溜池の実態を調査し、その危険度についてを調べた。

2 宮崎県における過去の地震災害

宮崎県は地震の巣ともいわれ、過去幾度も大小さまざまな地震が発生している。これまで最も大きなものとしては1662年のM=7.6の寛文大地震がある。このときの被害の状況は潰家800余戸、7ヶ村周囲約32kmの田畑が水没したといわれている¹⁾。さらに1707年の宝永地震(M=7.9)や、1909年(M=6.3)、1941年(M=7.4)、1961年(M=6.1)の地震などがある。最近の顕著なものとしては、1968年のえびの地震(M=6.1)があり、このときえびの市を中心に宮崎県南西部に大きな被害がでた²⁾。このように宮崎県では、一つは日向灘を震源とする海溝型地震と、もう一つは霧島を震源とする内陸直下型地震の二つのタイプがある。宮崎県の発表によれば、日向灘を震源とする海溝型地震の想定規模はM=7.5、一方霧島火山を中心とする内陸直下型地震の想定規模はM=6.5とされている。

3 宮崎市における溜池の実態

宮崎市には現在使用、非使用も含め、171個の農業用溜池があり、特に阪神大震災を機に安全点検が見直されている。その結果宮崎市では溜池の調査をおこない、評価点が5以上のものを危険度大(A)、3~4のものを危険度中(B)、2以下のものを危険度小(C)、その他(D)として4種類に分類している。その結果によると、宮崎市では現在危険度Aに属するのは約15%でそれほど多くはないが、A、B両者を合わせると30%に達する。これから考えると、宮崎市街周辺には地震時に破損の恐れのある危険な溜池がかなり存在していることがわかる。

4 築堤年代からみた安定度

溜池の強度をみる一つの指標として、築堤年代が考えられるが、正確な記録として残っているものは宮崎市では数例しかない。そこでここでは国土地理院発行の地図を用いて、その築堤年代範囲の推定をおこなった。ここに用いたものは江戸時代後の明治35年、戦前の昭和7年と戦後の昭和28年のものである。これら3種類の地図を重ね合わせてみると、宮崎市の溜池に関してはほとんど変化はみられない。このことはこれら溜池のほとんどは一定の施工基準の定められていない明治中期以前に築設されたものである。その結果これまで幾度か決壊したものもあり、特に1662年以来大地震は経験してないので安全性の面からみれば問題が残る。

5 液状化による危険度

これまで宮崎市内における地震の面的揺れ分布特性を観測した資料は全くないので、筆者は1994年(震度4、M=6.7)と1996年(震度5弱、M=6.3)の2回の地震の揺れ度調査をおこなった。その結果によると、宮崎市中央部と北部地域の一部には揺れ度が大きいところが存在することがわかった。これらの地域は液状化の危険性も指摘されており³⁾、地盤条件からも危険性がかなり高いといえる。宮崎市では大部分の溜池は宮崎層群の基岩の上に直接築堤されているが、中には沖積層の上に築堤されているものもある。しかも後者の場合は一般に規模の大きいものが多い。ここで堤体自身の液状化判定結果を示したのが溜池安定度評価表のF_L値である。なお同表に堤体の土壌硬度の測定結果も併せて示した。これから明らかなように、堤体のF_L値は1よりも大きく危険性は少ないといえるが、土壌硬度は小さく堤体は軟弱である。また漏水しているものもあり、宮崎層群の基岩の上に直接築堤されたものは地震によりこの面でズレが起こる可能性が高く、かなり危険といえる。

6 決壊による洪水危険度

溜池が決壊したとき最も大きな問題となるのは、洪水波の到達時間であろう。それは溜池から人家までの距離で決まる。つまり距離が長ければ避難は可能であろうが、短い場合には決壊から危険回避までの時間的余裕がなく、人命の喪失を伴う災害を引き起こすことになる。そこで溜池から人家までの距離の大小を一つの危険度指標としてみた場合、到達距離500m以内が全体の80%を占め、宮崎市では溜池が決壊した場合かなり危険な状況にある溜池が多数存在していることがわかる。

そこで避難という観点から溜池が決壊してから洪水波が人家に到達するまでの時間的余裕について検討してみる。一般にダムが決壊した場合の洪水波の連続式および運動方程式はつぎのように表される⁴⁾。

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + B V \frac{\partial H}{\partial x} + B \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial H}{\partial x} = g(I - I_f) \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここにA：流水断面積、B：流水表面における横断幅、V：平均流速、H：水深、x：溜池からの距離、t：時間、I：水路底面の勾配、I_f：摩擦勾配、g：重力加速度。式（1）、（2）を解くと、このときの解は次式ようになる。

$$x_*/t_* = (1/F_0)(1-H_*^{1/2}) \dots\dots\dots(3)$$

$$F_0 = V_0/(gH_0)^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

ここにH₀：溜池下流端の水深、V₀：水深H₀のときの一樣流速であり、またx_{*}、t_{*}は距離、および時間を無次元化した数であり、次式で表される。

$$x_* = x/L_0, \quad t_* = t/T_0 \dots\dots\dots(5)$$

式（5）を（3）および（4）に代入すると

$$t = (gH_0)^{1/2}(1 - (H_*)^{1/2}) \dots\dots\dots(6)$$

式（6）から求めた洪水の到達時間を示したのが洪水到達予測時間分布率図である。これから明かなようにほとんどが5分以内に人家まで到達し、もし地震時に溜池が決壊すれば災害規模はさらに拡大することがわかる。

つぎに漏水が起こっている溜池の安定度について検討してみる。ここでは漏水は基礎地盤と堤体底面の境界で起こっているものとする。境界面において堤体が安定を保つための要因、つまりせん断抵抗は次式で表される。

$$\tau_n = c + \gamma H \tan \phi \dots\dots\dots(7)$$

$$\tau_f = c + (\gamma - \rho) \tan \phi \dots\dots\dots(8)$$

ここにτ_n：漏水の起こっていない場合の堤体のせん断抵抗、τ_f：漏水の起こっている場合のせん断抵抗、γ：土の単位体積重量、ρ：水の単位体積重量、H：湛水の水深、φ：土の内部摩擦角。式（7）および（8）から漏水が起こっている場合の堤体の抵抗力と漏水が起こっていない場合の堤体の抵抗力の比 P（これを溜池安定度低下指標とする）をもとめると次式のようになる。

$$P = \tau_f / \tau_n = 1 - (\rho / \gamma) / \{ (c / \gamma H \tan \phi) + 1 \} \dots\dots\dots(9)$$

式（9）から現在危険といわれている溜池の安定度をもとめたものが溜池安定度評価表である。これから明かなように漏水が起こると安定度はかなり落ちることがわかる。

7 おわりに

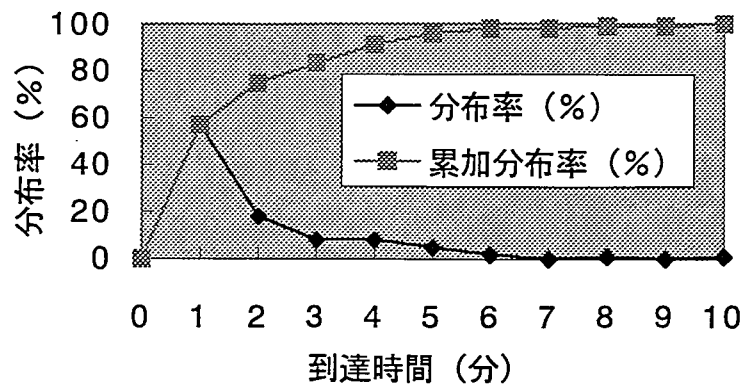
以上の結果から宮崎市では大地震が発生した場合、農業溜池が新たな災害の危険要因となりつつあることがわかった。今後こうしたことを十分認識して防災計画を立てる必要が生じているように思われる。なお本調査を実施するにあたり資料の提供をいただいた宮崎市耕地課、および宮崎県農地整備課に対し記して謝意を表する。

引用文献

- 1) 羽島徳太郎(1985)：九州東部沿岸における歴史津波の現地調査、地震研究所彙報Vol. 60、東京大学、pp. 441-445
- 2) 宇佐美龍夫(1995)：日本被害地震総覧、pp. 55-353、東京大学出版会
- 3) Sakkas J., Strekoff T.(1974): Dimensionless Solution of Dam-Break, ASCE102(2), pp. 171-184
- 4) 宮崎市(1979)：宮崎市地盤図、宮崎市

溜池の安定度評価の結果一覧表

池名	FL値	土壌硬度 (kg/cm ²)	漏水	安定度 低下指標
宮ヶ迫	1.98	4.7	有り	0.64
鎌ヶ迫	1.97	2.4	有り	0.49
鯉ヶ迫	2.04	1.8	無し	-
柳ヶ迫	2.22	3.7	無し	-
大迫	2.22	3.7	無し	-
山ノ口1号	2.15	3.2	有り	0.96
槇柱	3.07	1.7	無し	-
蛇羅池	2.94	0.9	有り	0.52



洪水到達予測時間分布頻度図