

(195) ため池堤体の耐震性要因の評価に関するアンケート調査

(財) 日本農業土木総合研究所 吉丸芳郎 野間秀明
 (株) フジタ 技術研究所 中村正博 齊藤悦郎
 同上 ○池見 拓

1. はじめに

本報文では、ため池堤体の耐震性要因の評価に関するアンケート調査の概要について述べる。このアンケート調査はデルファイ法という手法を用いて、複数の専門家からため池の耐震性を評価する上で有用な見識を得ることを目的としており、筆者らが行ったため池の地震被害に関する要因分析¹⁾の結果と従来の工学的な知見とのいくつかの矛盾点を解消し、さらには気象庁震度階Vの地域から得られたデータによる危険度評価のための資料を震度階VIに対応するように補正することを狙ったものである。ここでは、デルファイ法の特長の一つである意見の集約傾向を示すとともに、ため池の耐震性に関する要因の相対的な重みづけに関して得られた専門家からの知見を示す。さらには、アンケートの集計と分析から作成した地震危険度の判定指標を示し、1983年日本海中部地震の悉皆調査データ²⁾を用いて、この判定指標の判別精度を検証する。

2. 調査方法

デルファイ法³⁾は技術や経済の未来予測に用いられてきた手法で、当該分野の専門家が自己の知識や経験に基づいて主観的かつ直感的に予測を行う方法である。アンケート調査はデルファイ法の手順に従って2回にわたって実施された。調査内容は表-1に示す調査アイテム中の各カテゴリーがどの程度の耐震性を有しているかを問うものである。回答は各回答者が独自に5点(耐震性が極めて高い)から-5点(耐震性が極めて低い)までの1点刻みの点数を各カテゴリーの耐震性の程度に応じて付ける方法で実施した。予め指定した調査アイテムは8アイテムであるが、それら以外に追加したいアイテムがある場合には16の追加アイテムの中から選択できるようにした。また、点数づけの根拠など意見があれば記事の欄に記入することとした。なお、仮定した地震動は当該ため池地点で気象庁震度階VIとした。

アンケートの回答者には行政や研究に携わり豊富な経験をもつ19名の専門家が選定された。国および地方自治体に所属する8名の回答者は、ため池の現状や防災上の諸問題、過去の災害および復旧の事情に通じており、行政の実務面における経験が回答に反映されることを期待した。また、9名の大学関係者には研究者としての立場から、ため池被害およびその原因に関する従来の工学的知見と回答者自身の見解、あるいはため池の安全性に係る諸問題に対する意見を期待した。農業土木試験場(当時)の2名の回答者は行政にもある程度通じ、国・地方自治体と大学の中間的色彩を有する回答者といえることができる。

3. 意見集約の傾向

2回にわたるアンケート調査により意見集約の効果が発揮されているか否かを判断するため、アイテムごとに点数を付けた回答者数のヒストグラムを作成し、1回目と2回目のヒストグラムを比較した。延19名の回答者のうち、1回目の回答者は17名、2回目の回答者は18名で、1回目と2回目の両方に回答しているのは16名となっており、2回目の回答では回答者のほとんどが何らかの修正を行っている。

一例として、築造年代のヒストグラムを図-1に示す。標準偏差は3カテゴリーとも2回目の方が1回目よりも小さくなっており、点数付けのばらつきが小さくなり、意見の集約がなされたことを示している。また、他のほとんどのアイテムについても同様の傾向が見られた。

デルファイ法では、2回目以降の回答で、前回の回答の集計結果を情報として与えることによって全体における自分の意見の位置を各回答者に認識させ、回答者が1回目の回答の修正を行う機会を与えている。回答者全体の意見を収束させるために何程度このような手順を踏めばよいかは非常に難しい問題であり、問題の設定の仕方や回答の形式、質問

表-1 調査アイテム

指定 8 アイ テム	築造年代
	ダム形式
	地形
	基礎地盤の地質年代
	基礎地盤の土質
	堤体の沈下の有無
	堤体の法面損傷の有無
	底樋の形式
追加 16 アイ テム	堤高
	堤頂長
	堤頂幅
	堤頂幅/堤高
	上流法面勾配
	下流法面勾配
	堤体主体材料
	堤体の漏水の有無
	はらみ出しの有無
	下流法面の乾燥度
	下流法面の好湿性植物の有無
	地すべり等地山崩壊の有無
	余水吐のクラックの有無
	取水施設のクラックの有無
底樋のクラックの有無	
取水施設の使用状況	

する課題の良否や物理的な量、選定された回答者間の知識や経験の違いなど、さまざまな要因が影響するものと考えられる。

デルファイ法を開発したランド社による初期の実験的研究⁴⁾および日本における技術予測調査の事例⁵⁾から一般的に考えられることは、繰り返しの回数を多くすれば、意見はだんだん集約されてくるが、回答の修正幅は徐々に小さくなり、回収率は回を重ねるごとに低下するということである。また、専門家を対象にデルファイ法を適用する場合、意見の大勢をみて一度は意見を修正しても、翻意を促すに足るような新たな情報が与えられない限り、二度三度と自分の意見を修正することは少ないように思われる。したがって、全体の意見の最頻値が顕著に現れており、1回目の回答とあまり傾向が変わらないような場合には、2回目までで十分意見の収束は図られていると考えてもよいであろう。

上述の点を考慮すると、指定8アイテムのうちダム形式を除く7アイテムについては2回目の質問までで十分であると判断された。また、2回目に追加した堤体主体材料と堤体の漏水の有無についても、各カテゴリーにおける最頻値は比較的明瞭にでており、最頻値間の差もみられることから、3回目を実施した場合にも同様の傾向が期待されると判断した。一方、ダム形式は「均一型」と「前刃金型」に顕著な最頻値は見られず意見の集約という点で問題を残している。

4. 耐震性要因に対する回答者の評価

第2回アンケートの回答に基づき、各回答者が付けたアイテム・カテゴリーごとの点数を整理したものが表-2である。各カテゴリーの点数はアンケート2回目の回答を18名の回答者で平均し、整数化したものである。一つのアイテム内の各カテゴリーの相対的な位置関係は、各アイテムの耐震性評価に関する専門家の判断を表しており、表-2に示す相対関係は18名の専門家の意見の大勢と見ることができる。

ここでは調査アイテムのうち築造年代と基礎地盤の地質年代の2つについて回答者の意見を拾いながら考察を加える。なお、以下では数式の不等号を使って耐震性の優劣を定性的に表現することにする。すなわち、「カテゴリーA」<「カテゴリーB」の場合には「カテゴリーB」の方が相対的に耐震性に優れることを意味する。

1) 築造年代

18名のうち10名は「1913~1952」<「明治以前」<「1953~」の順番で点数を付けており、これが大勢の意見といえよう。回答者の賛成意見としては、経年的な過去の地震履歴から判断しているものや、設計・施工の精度や材料の品質面に言及しているものもみられる。『「1953~」はダムの設計手法が確立され、施工にも十分な配慮がされている。』、『「明治以前」のものは比較的規模が小さく、地震のほか種々の応力履歴に耐え安定しているが、その反面、入念な施工がされていない。』、『「1913~1952」は戦前・戦後の混乱期で十分な配慮に乏しく、技術上の摸索期でもあり安全性が疑問視される。』などに要約される。

これに対して、1、2回目とも上述の大勢の意見に反対し、「1953~」<「1913~1952」=「明治以前」の順で点数を付けたN氏のように、『最近10年間のものに被害が多い。』という理由で「1953~」(-1点)が最も耐震性に劣ると判断した回答者もある。また、1、2回目ともに「1913~1952」(-2点)<「1953~」(0点)<「明治以前」(1点)としたL氏は、『大正から昭和にかけて築造されたものは被害例が多い。』とコメントしている。L氏と同じ見解であるF氏も「1913~1952」を-2点とした理由

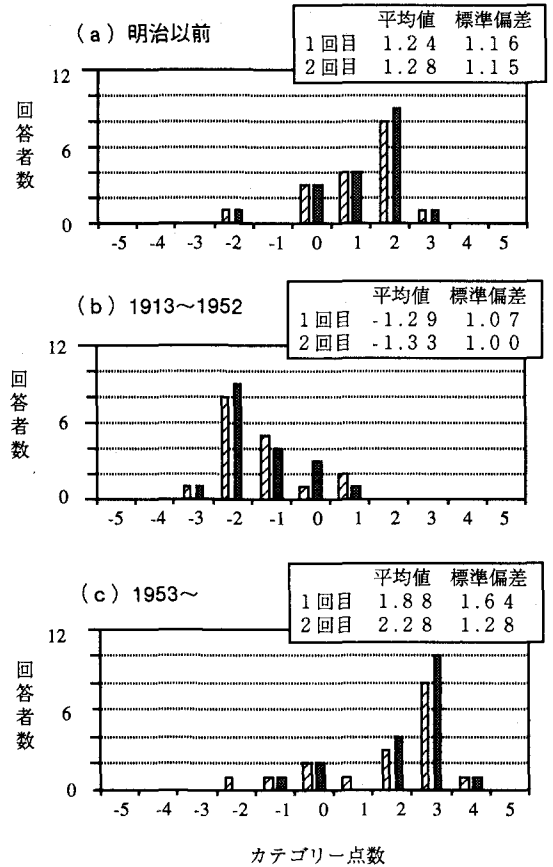


図-1 回答者数のヒストグラム (築造年代)

について『戦争直後の個人所有の小規模なものは危ない。』とコメントしている。

築造年代と地震被害の関係については、『築造年代の新しいものに被害が多い』とした新潟地震による被害の分析もあり興味深い。いずれにせよ、ため池堤体は土構造物であり、コンクリート構造物のように材質の経年劣化による強度低下とは別の観点でとらえる必要があるように思われる。

2) 基礎地盤の地質年代

18名のうち「第三紀」に正の点数を付けた回答者は15名であり、ただ一人負の点数を付けているB氏のコメントはない。18名全員が「沖積世」に負の点数を付けている。「洪積世」については正の点数を付けた回答者が3名、0点を付けた回答者が2名で残りに13名は負の点数を付けている。結論的には「沖積世」<「洪積世」<「第三紀」が大勢の意見と考えら、これは従来の工学的な見方とも一致する。

アンケートの1回目には添付資料として、日本海中部地震に係る悉皆調査データの集計結果および数量化理論II類による要因分析の結果を回答者に配布している。これらの資料では、被害率および要因分析によるカテゴリーの重みのいずれから判断しても、耐震性に関する序列は概ね「洪積世」<「沖積世」<「第三紀」となっており、回答結果と異なっている。このような添付資料は情報を与えることによって回答を容易にし、回答率を上げるための方策であるが、同時に回答の誘導という側面も持ちあわせている。しかしながら、一般を対象としたアンケートと違って専門家を対象とした今回のような場合には、回答者の中にある程度の固定的な観念があり、簡単には誘導されないということがわかる。

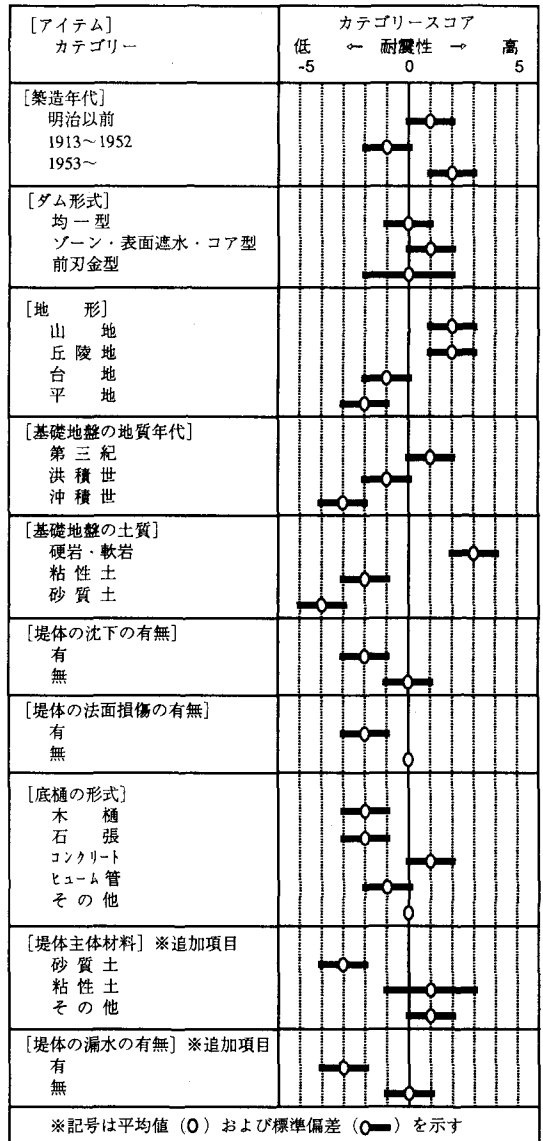
5. 悉皆調査データによる検証

表-2は専門家が知識と経験に基づき作成した地震危険度の判定指標とみることが出来る。そこで1983年日本海中部地震に係わるため池の悉皆調査データを用いて表-2の判別精度を検討した。採用したのは記載不備のものを除いた1119か所のデータである。悉皆調査データを用いた堤体の要因分析¹⁾では、被害の程度をA(大被害)、B(小被害)、C(無被害)の3ランクに分類している。アンケート調査で指定した『決壊もしくは壊滅的な被害』がA(大被害)に相当するかどうかは明確でないが、ここではAと(B+C)の判別および実際に決壊した9か所のため池の判別を試みた。

各アイテムの該当カテゴリースコアを合計すれば、当該ため池に対する合計点(サンプルスコア)が計算される。各ため池のサンプルスコアを計算し、日本海中部地震時の被害程度Aと(B+C)のそれぞれについてサンプルスコアの度数分布を求めたものが図-2である。Aと(B+C)の2群の判別の度合をみるため、2つの分布の累積度数百分率を描き、Aと(B+C)の判別の中率を求めた。この方法は数量化理論II類による判別に用いられるもので、これによると判別の中率は60%、判別区分点は-3点となった。また、-3点を判別区分点とすると実際に決壊した9か所のため池のうち7か所の判別が可能であった。

残る2か所のため池については、サンプルスコアが5点と1点で他の7か所に比べて大きくなっている。この

表-2 回答者による耐震性要因の評価



2か所はいずれも基礎地盤の土質が「硬岩・軟岩」に該当しており、「砂質土」に属する6か所、「粘性土」に属する1か所に比べてサンプルスコアに7点と5点の差ができることになり、これが大きく効いているものと考えられる。

アンケートでは判別区分点の設定方法について特に規定しなかったが、記事に書かれている範囲では最高点の合計値と最低点の合計値から判断して設定した回答者が多かった。各回答者の設定した判別区分点は-15点から-8点の範囲で、平均すると-11点となった。この-11点を判別区分点として採用した場合、Aの判別率の中率は18%と低くなるが、(B+C)のそれは95%となった。また、決壊ため池9か所のうち5か所の判別が可能であった。

大被害Aの判別という観点からみると、判別区分点が-3点の場合の方が優れていることになる。しかしながら、(B+C)に該当するものを余計に大被害の側に取り込むことになり、全体として要注意のため池数がより多く選別されることになる。判別区分点の設定については、判別精度のみならず施設整備の優先度を評価するという選別機能の面も考慮する必要がある。

6. おわりに

ため池堤体の耐震性要因の評価に関するアンケート調査の概要について述べた。結論を以下に要約する。

- 1) 2回にわたるアンケート調査から複数の専門家の意見として、耐震工学上の有用な知見が得られた。
- 2) 2回目の回答では、ほとんどの回答者が何らかの修正を行っており、アイテム・カテゴリーの点数のばらつきから判断してデルファイ法の特長の一つである意見の集約傾向が見られた。
- 3) 主要な10アイテムについてカテゴリー間の相対的な耐震性の優劣を回答者の大勢意見として整理した結果、ため池堤体の地震危険度の評価指標が得られた。
- 4) この評価指標の判別精度を1983年日本海中部地震に係わる悉皆調査データで検証した結果、大被害の判別率の中率は60%であった。また、決壊ため池9か所のうち7か所の判別が可能であった。

最後に、本調査研究の実施に際しては(財)日本農業土木総合研究所内に設置した「ため池等施設整備対策調査検討委員会」にご指導を賜った。末筆ながら、(財)日本農業土木総合研究所の担当者であった山崎晃氏(現水資源開発公団)と三宅克之氏(現チェリーコンサルタント)に深甚なる謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 山崎晃、三宅克之、中村正博、池見拓：ため池の地震被害の分析、土木学会論文集、第404号/I-11、pp.361~366、1989.4.
- 2) 山崎晃、三宅克之、中村正博、池見拓：地震被害を受けたため池の悉皆調査に基づく被害率、土木学会論文集、第404号/I-11、pp.367~374、1989.4.
- 3) T.J.Gordon, O.Helmer: Report on a Long-Range Forecasting Study, Rand Paper P-2982, 1964. 9.
- 4) N.Dalkey, O.Helmer: An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts, Management Science, Vol.9, No.3, pp.458~467, 1963. 4.
- 5) 未来工学研究所：第4回科学技術庁技術予測調査 日本の技術-(1987年~2015年)-、1987.10.
- 6) 高瀬国雄、天野允、山下進：地震によるアースダムの被害、土と基礎、第14巻第10号、pp.3~9、1966.10.

【発表者連絡先】

住所：〒223 横浜市港北区大圃町74 (株)フジタ 技術研究所 TEL：045-591-3944

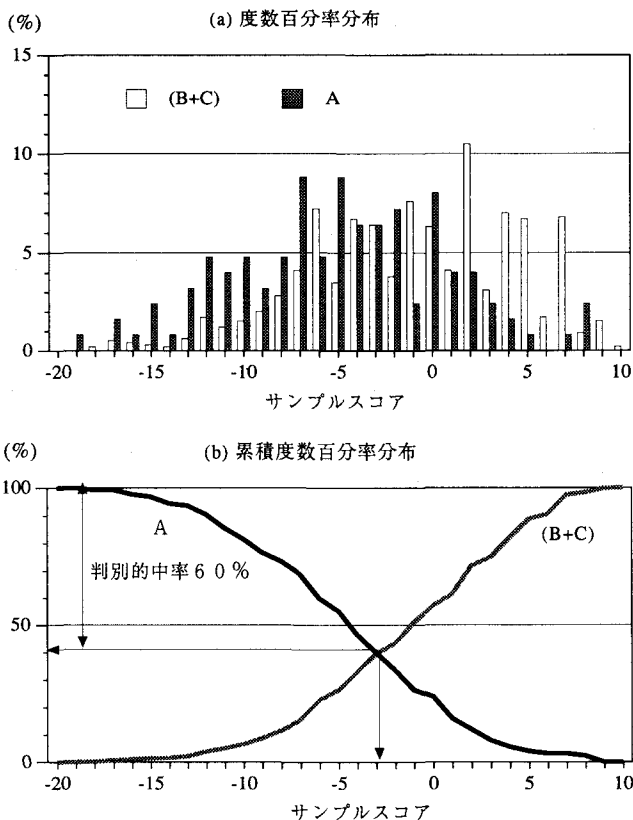


図-2 サンプルスコアの度数分布