

(98) ため池の地震被害の悉皆調査に基づく被害率と無被害率

水資源開発公団	正員	山崎 晃
(財)日本農業土木総合研究所		三宅克之
フジタ工業(株)技術研究所	正員	○中村正博
同 上	正員	池見 拓

1. はじめに

一般に、土木構造物の地震被害に関する調査において、被害を受けたもののみの調査は、無被害のものを含めた悉皆調査に比べて、実施しやすい場合が多い。ある種の土木構造物では、地震被害が発生した範囲に限っても、被害と無被害のすべてについて調査することは困難な場合がある。したがって、地震被害の調査が地震工学上重要と認められている反面、これを補完する無被害のものみの調査を実施する場合は少ないのが現状であろう。ところが、対象とした土木構造物が被害を受けるか否かを予測するためには、被害・無被害を問わない悉皆調査データが必要となる。そこで、地震被害に関する調査報告では特に、次の点を明確にするように注意しなければならない。すなわち、ある種の土木構造物の地震被害に影響する要因（以後、アイテムと呼ぶ）のうち、どの範ちゅう（以後、カテゴリーと呼ぶ）のものが被害を受けやすいかの目安となる「被害率」と、被害総数に対する当該カテゴリーの被害数の比率とを明確に区別しておく必要がある。

一方、震央からある程度離れたところでは、土木構造物に被害の全く発生しなくなることが考えられるため、悉皆調査を実施する場合には、どの範囲までを調査の対象としているかを明確にすることが肝要であろう。仮に、地震動の影響が全くなかった範囲をも悉皆調査の対象とした場合、この範囲で得られた調査データは、地震被害と要因との相関関係にとっていわゆるノイズとなる恐れがあり、被害予測の観点からは全く無意味であるにとどまらず、かえって誤った予測結果を導きかねない。したがって、悉皆調査には震央距離もしくは地震動の強さを要因として考慮することが不可欠になる。悉皆調査によれば、どのような場合に被害を受けやすいかを把握できるとともに、どのような場合には無被害かを説明できることになり、従来の地震被害の調査結果を補完する役目を果たすことになる。

以上の観点に立ち、昭和58年日本海中部地震で被害を受けたため池および無被害ため池の地震前の状況について悉皆調査を行った^{1)~6)}。本報告では、数量化理論で要因解析することを前提として、農業用ため池の悉皆調査データを取りまとめた結果をもとに、地震による被害を受けたもののみの調査から得られる被害数の比率と、無被害のものをも含めた悉皆調査から得られるいわゆる「被害率」とを比較し、悉皆調査の意義について考察する。なお、ここでは、堤体における被害のみを取扱い、取水施設、余水吐などの付帯構造物の被害を対象としていないことを付記しておく。

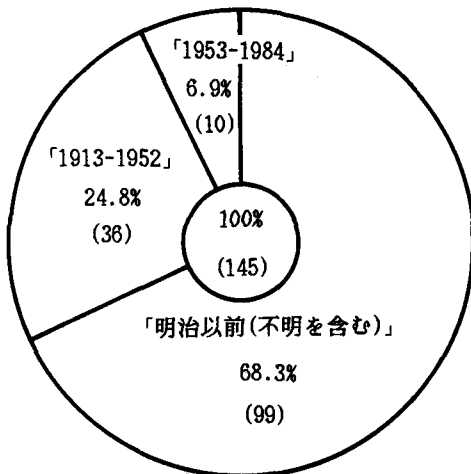
2. 昭和58年日本海中部地震に係わるため池の悉皆調査に基づく被害程度の分類

本悉皆調査は、日本海中部地震に係わる青森県と秋田県のため池について、被害ため池を対象とした「農業用ダム・溜池被災実態調査表」と無被害ため池を対象とした「農業用ダム・溜池実態調査表」の2種類の調査表により実施された。調査の範囲は震央からほぼ150km以内であり、現地をよく把握した当該市町村の担当者または地元コンサルタントの職員が現地で調査し、必要に応じてため池の管理者から聞き取るという方法で行った。日本海中部地震で堤体に何らかの被害を受けたため池の数は188カ所であるが、このうち決壊したため池は9カ所であった。決壊ため池以外の179カ所の被害ため池の中には、決壊と同等の被害を受けたものも含んでいる。そこで、堤体が決壊したものおよび決壊と同等の被害を受けたものをランクA(大被害)、被害は受けたがその程度はランクAに至っていないものをランクB(小被害)、無被害のものをランクC(無被害)の3分類とした⁴⁾。数量化理論による要因解析に不適当なデータを取り除いた結果、A、B、Cのデータ数はそれぞれ145、32、952となり、本報告で対象とするデータ数は合計1129である。

3. 被害ため池の調査データに基づく「被害数の比率」

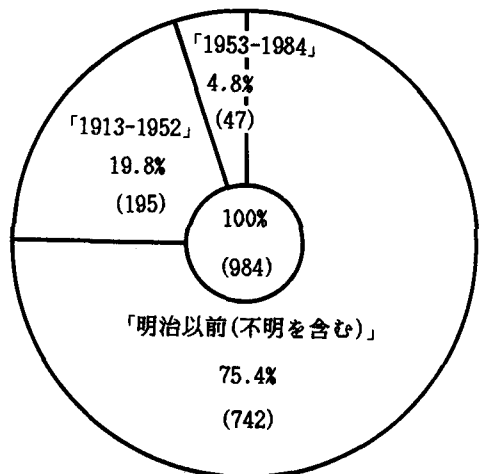
著者らが実施した日本海中部地震に係わる農業用ため池の悉皆調査における調査項目は36項目であった。

このうち、「築造年代」を例にとり、被害総数に対する当該カテゴリーの被害数の比率「 $A/\Sigma A$ 」を示したものが図1である。図1によれば、「明治以前(不明を含む)」の被害数の比率が最も高く、次に「1913-1952」、「1953-1984」の順となり、築造年代が新しいものほど『安全』と解釈される。これに対して、無被害総数に対する当該カテゴリーの無被害数の比率「 $(B+C)/\Sigma(B+C)$ 」を示したものが図2である。ここに、小被害Bと無被害Cは大被害ではないとの観点から、ひとまとめにし無被害として取り扱っている。図2によれば、「明治以前(不明を含む)」の無被害数の比率が最も高く、次に「1913-1952」、「1953-1984」の順となり、築造年代が新しいものほど『危険』と解釈されることになる。したがって、図1の解釈と図2のそれとは矛盾している。「 $A/\Sigma A$ 」と「 $(B+C)/\Sigma(B+C)$ 」ではその分母がそれぞれ145と984と一定であり、分子の値すなわち当該カテゴリーのデータ数がそのまま反映される。したがって、上述の被害数の比率や無被害数の比率はどのため池が『危険』または『安全』かの目安となるいわゆる「被害率」や「無被害率」という概念とは異なる。すなわち、「 $A/\Sigma A$ 」と「 $(B+C)/\Sigma(B+C)$ 」の比率はともに「築造年代」が新しいものほど低くなり、「築造年代」のうち、どのカテゴリーのため池が被害を受けやすいか否かを判断する根拠にはならないことに、注意しなければならない。「 $A/\Sigma A$ 」は無被害のものを含む悉皆調査を必要とせず、従来の地震被害の調査から得られるものであるため、特にその解釈に際してはいわゆる「被害率」と混同しないように注意する必要がある。



()内の数はため池数

図1 「築造年代」における被害総数に対する当該カテゴリーの被害数の比率「 $A/\Sigma A$ 」



()内の数はため池数

図2 「築造年代」における無被害総数に対する当該カテゴリーの無被害数の比率「 $(B+C)/\Sigma(B+C)$ 」

4. 悉皆調査データに基づく「被害率」と「無被害率」

本節では、アイテムの中でどのカテゴリーのため池が被害を受けやすいか否かを判断する根拠となる、悉皆調査に基づく被害率「 $A/(A+B+C)$ 」(該当するカテゴリーの被害・無被害の総数に対する被害を受けたものの数の比率)と無被害率「 $(B+C)/(A+B+C)$ 」(該当するカテゴリーの被害・無被害の総数に対する無被害のものの数の比率)について述べる。「築造年代」を例にとり、「明治以前(不明を含む)」、「1913-1952」、「1953-1984」の3つのカテゴリーの被害率と無被害率をそれぞれ示したものが、図3である。図3によれば、被害率は「1953-1984」で最も高く、築造年代が新しいものほど『危険』と解釈される。また、無被害率は「明治以前(不明を含む)」で最も高く、築造年代が古いものほど『安全』と解釈される。したがって、被害率の解釈と無被害率のそれとで矛盾はない。被害率と無被害率は、両者の和が100%となる関係にあるため、いずれか一方から他方が確定できる。また、これらは、カテゴリーごとの被害

と無被害の割合をそれぞれ意味している。当然のことながら、被害率「 $A/(A+B+C)$ 」と無被害率「 $(B+C)/(A+B+C)$ 」のいずれの場合にも、被害と無被害の双方の調査データが必要となり、いわゆる悉皆調査が不可欠となる。

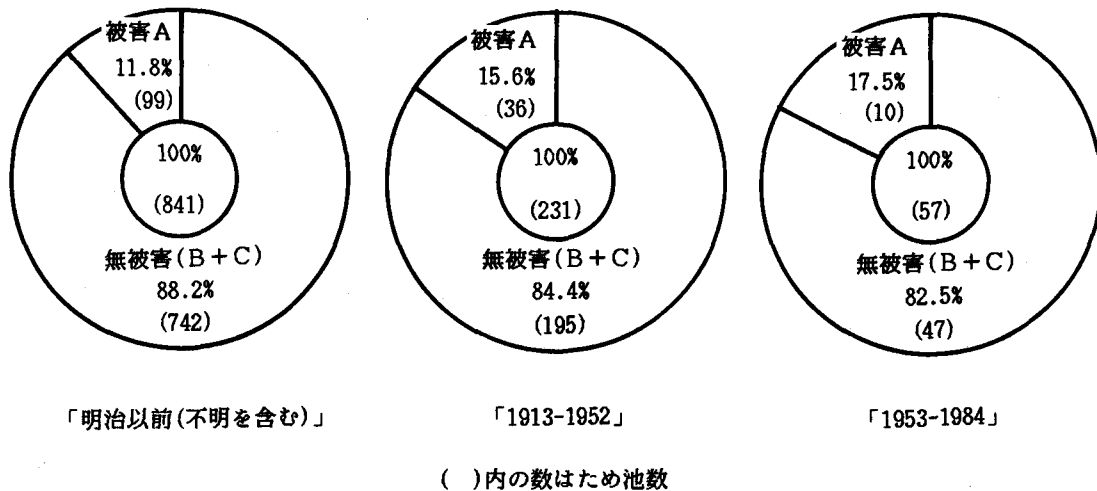


図3 「築造年代」ごとの被害率「 $A/(A+B+C)$ 」と無被害率「 $(B+C)/(A+B+C)$ 」

5. 被害ため池の調査データに基づく被害数の比率と悉皆調査データに基づく被害率の比較

本節では、前述の被害数の比率「 $A/\Sigma A$ 」と被害率「 $A/(A+B+C)$ 」を比較し、地震による被害を受けたものみの調査結果から解釈される結論と、無被害のものを含めた悉皆調査結果から解釈されるそれとの一致・不一致に注目し、悉皆調査の重要性を確認する。

前述の「築造年代」に加えて、カテゴリごとのデータ数の偏りが小さい「堤頂幅」について、被害程度ごとにデータ数と上述の被害・無被害に関する比率をとりまとめたものが、表1である。カテゴリごとのデータ数に大きな偏りがみられる「築造年代」では、被害率「 $A/(A+B+C)$ 」におけるカテゴリの順位の傾向と被害数の比率「 $A/\Sigma A$ 」のそれとが全く逆の結果となっている。一方、カテゴリごとのデータ数の偏りが小さい「堤頂幅」では、「 $A/(A+B+C)$ 」におけるカテゴリの順位の傾向と「 $A/\Sigma A$ 」

表1 被害程度ごとのデータ数と被害率および無被害率

「アイテム」 カテゴリ	被害程度	計(カ所)	大被害	小被害	無被害	A (%)	B+C (%)	A (%)	B+C (%)
		A+B+C	A(カ所)	B(カ所)	C(カ所)	A/(A+B+C)	(B+C)/(A+B+C)	A/ΣA	(B+C)/Σ(B+C)
「築造年代」(年)									
	明治以前(不明含む)	841	99	28	714	11.8	88.2	68.3	75.4
	1913-1952	231	36	4	191	15.6	84.4	24.8	19.8
	1953-1984	57	10	0	47	17.5	82.5	6.9	4.8
「堤頂幅」(m)									
	0-3未満	412	26	4	382	6.3	93.7	17.9	39.2
	3-4未満	363	58	14	291	16.0	84.0	40.0	31.0
	4以上	354	61	14	279	17.2	82.8	42.1	29.8
	計	1129	145	32	952	12.8	87.2	100.0	100.0

のそれとが一致している。すなわち、「 $A/(A+B+C)$ 」と「 $A/\Sigma A$ 」で全く逆の結果となるアイテムでは、カテゴリーごとのデータ数に大きな偏りがみられるのに対して、「 $A/(A+B+C)$ 」によるカテゴリーの順位の傾向と「 $A/\Sigma A$ 」のそれとが一致しているアイテムでは、そのカテゴリーごとのデータ数に顕著な差がみられない。

6. 結論

本報告は、著者らが実施した昭和58年日本海中部地震に係わるため池の悉皆調査データに基づき、無被害総数に対する当該カテゴリーの無被害数の比率「 $(B+C)/\Sigma(B+C)$ 」と無被害率「 $(B+C)/(A+B+C)$ 」の概念を導入することにより、被害ため池のみを対象とした調査から得られる被害数の比率「 $A/\Sigma A$ 」と、無被害ため池をも含む悉皆調査から得られるいわゆる被害率「 $A/(A+B+C)$ 」の両者の相違を明確にするとともに、悉皆調査の重要性について述べた。本研究で得られた主な結論は以下のとおりである。

(1) 土木構造物の「被害率」は、従来実施されてきた被害を受けたものだけを対象とした震害調査では把握できず、これを求めるためには被害・無被害を問わない悉皆調査が不可欠である。

(2) どの構造物が被害を受けやすいかの目安となる、いわゆる「被害率」は、当該カテゴリーに属する被害と無被害のデータ数の和に対する被害データ数の割合で示される。

(3) 地震被害のみの調査で得られる被害の比率「 $A/\Sigma A$ 」は、全被害データ数に対する当該カテゴリーの被害データ数の割合であり、どの構造物が被害を受けやすいかの目安とはならない。

(4) カテゴリーごとのデータ数に大きな偏りがみられる場合には、地震被害のみの調査で得られる被害の比率「 $A/\Sigma A$ 」の解釈に際して、被害率「 $A/(A+B+C)$ 」と混同しないように特に留意する必要がある。

ただし、本研究の結論の解釈に際しては、以下の点に留意する必要がある。

(1) ため池が地震被害を受ける要因の解釈に際して、従来の工学的知見と矛盾するものが一部みられた。したがって、調査データの見直しとより詳細な検討が望まれる。

(2) 地震被害は多くの要因が複雑にからみ合って発生するため、悉皆調査で得られた種々の調査項目を個々に眺めるだけでは、地震被害に大きく影響する要因を把握できず、地震被害とそれらとの関係を定量的に求められない。

そこで、著者らは、数量化理論Ⅱ類による地震被害の要因解析を実施し、その一部については、既に報告している^{2)~6)}。なお、一連の解析結果をとりまとめたものについては、別の機会に報告する予定である。

[謝辞]

被害および無被害の農業用ため池の悉皆調査では、青森県および秋田県の関係各位に多大のご協力を賜わった。ここに、記して深謝する次第である。

[参考文献]

- 1) 松本 勇, 深沢喜勇, 山崎 晃, 川崎照太郎: 日本海中部地震に係わる農業用ため池の悉皆調査, 第21回土質工学研究発表会, 1986. 6.
- 2) 山崎 晃, 川崎照太郎, 中村正博, 秩父顕美: 農業用ため池の地震被害の要因解析 (I), 第21回土質工学研究発表会, 1986. 6.
- 3) 山崎 晃, 川崎照太郎, 秩父顕美, 中村正博: 農業用ため池の地震被害の要因解析 (II), 第21回土質工学研究発表会, 1986. 6.
- 4) 山崎 晃, 三宅 克之, 中村正博, 池見 拓: 農業用ため池の地震時における被害予測, 農業土木学会誌, 第55巻, 第6号, 1987. 6.
- 5) 山崎 晃, 三宅 克之, 中村正博, 池見 拓: 均一型ため池の地震被害の要因解析, 第22回土質工学研究発表会, 1987. 6.
- 6) 山崎 晃, 三宅 克之, 中村正博, 池見 拓: 地震動の強さを考慮したため池の地震被害の要因解析, 第22回土質工学研究発表会, 1987. 6.