

地震動による被災農業用ため池の堤体形状特性 Relationships between Damage Risk and Dimensional Shape Parameter of Earth Dams for Irrigation due to Earthquake Motions

○鈴木 尚登*・小嶋 創**・中里 裕臣*・向後 雄二**

H. SUZUKI, H. NAKAZATO, H. KOJIMA and Y. KOHGO

1. はじめに

2011年3月の東北地方太平洋沖地震(以下、東北地震)に伴い、福島県内では約280個のため池(災害査定・被災度別)が被災した。特に県中域では震度6強がスポット状に発生し、Fig.1に示す通り、その周辺に被災池が集中した¹⁾。地震動によるため池被害に関する既往の研究では、ため池サイトの震度は捕捉されていない。一般に被災リスクは堤高が高いほど増大し、堤頂長とは無関係とされるが、統一の見解には至っていない。

本稿では、被災池が集中した福島県中・南域について、ため池データベース(DB)²⁾、気象庁推計震度及び福島県被災情報を用い、堤体形状と地震動被災率の関係を検討した。

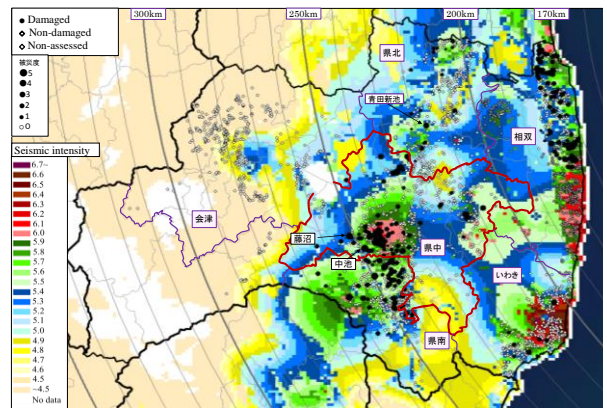


Fig.1 福島県内推計震度と被災度別ため池分布

2. 被災ため池の概要及び分析手法

東北地震に伴う福島県内被災ため池は、半数以上が県中・南域に集中し、推計震度(1kmメッシュデータ)は4.7~6.3であった。被災リスク検討に用いた堤体形状諸元は、堤高(H)、堤頂長(L)、天端幅(W)及び上下流法勾配(上流1:U、下流1:D)から得られる勾配比(D/U)の4つとした。当域内各ため池の諸元値はDBに拠って統計分析を行った。

被災リスク指標として、ため池被災率(R_d)を式(1)で定義した。

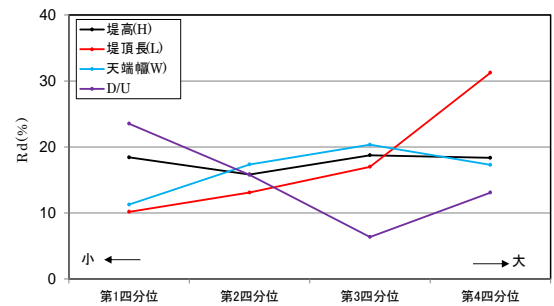
$$R_d = \frac{N_d}{N_t} \times 100 \quad (1)$$

ここに、 N_d :被災池数(災害査定池数)、 N_t :同一条件下の総ため池数である。なお、当域全体の R_d は18%であった。

また、一定の相対度数の確保のため、諸元データを四分位区分又はクロス集計した。

3. 結果及び考察

Fig.2は、H、L、W及びD/Uを規模別に四分位区分し、各 R_d を求めた。黒線Hは高さで R_d の変化がない「平坦型」、赤線Lは「一途上昇型」、青線Wは「中位山型」、紫線D/Uは「中位底型」で、高い堤高でも被災リスク



	第1四分位	第2四分位	第3四分位	第4四分位
H(m)	0-2.5	2.63-5	3.64-9	5.0-
L(m)	0-35	36-50	51-77	78-
W(m)	0-2.5	2.63-0	3.1-3.8	3.9-
D/U	0-0.889	0.891-0	1.051-2.5	1.26-

Fig.2 地震動による堤体形状諸元別被災率

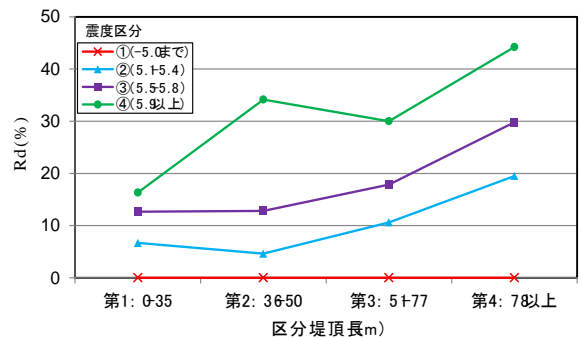


Fig.3 ため池の堤頂長及び震度別被災率

*農研機構 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering **東京農工大学 大学院農学府 Tokyo University of Agriculture and Technology キーワード:ため池地震被害・推計震度・被災リスク

が高くはならないことが、明らかになった³⁾。ここで Fig.3 の L 区分毎の震度比較では、赤線（震度 5.0 以下）から、青線（同 5.1～5.4）、紫線（同 5.5～5.8）及び緑線（同 5.9 以上）まで、震度の上昇に応じた R_d の増大と、L 規模の増大による明確な増加が同時に見られ、青線の最低 R_d と緑線の最大 R_d の差は、9 倍となった。

一方、Fig.4 の H 区分別の震度との比較では、赤線から青、紫及び緑線において、震度上昇に伴う R_d の増加は明確であるが、H 規模による R_d の上昇は殆ど見られない。ここからも、堤体形状の縦断面を成す堤頂長は、L が長いほど地震動による被災リスクが増大し、堤高自体では被災リスクとは関係ないという、これまでの一般的見方とは真逆の結果となった。

前出 Fig.2 では、堤体の横断面形状に係る 3 諸元の被災リスクを、H の平坦型、W の山型及び D/U の底型とした。Fig.5 左図では、H と W、H と D/U 及び D/U と W の 3 組について、規模毎に大中小 3 分割で 9 個のクロス集計し、27 個の R_d を求め、対比表に整理した。また、各組合せ中で最大 R_d をピンク色（赤下線）で、最小 R_d を青色で着色した。その結果、H が大（以下、「 $H_{大}$ 」等）且つ（以下、和集合「 \cap 」） $W_{大}$ 、 $H_{大} \cap D/U_{小}$ 及び $D/U_{小} \cap W_{大}$ の時、 R_d は最大であった。最小 R_d では、 $H_{大} \cap W_{小}$ 、 $H_{大} \cap D/U_{大}$ 及び $D/U_{大} \cap W_{小}$ の時で、Fig.2 で D/U が 1.05～1.25 で、勾配比がバランスした場合の R_d はさらに小さい。

Fig.5 右図には、堤体横断面で高リスクまたは低リスクな形状を表示した。即ち、堤高が高いため池で、天端幅が広く、上流法面が緩い場合に被災リスクは高くなり、同じ高堤高のため池でも天端幅が狭く、上下流で比較的バランスの取れた勾配の場合には、地震動に対して低リスクな形状となる。これは高堤高で天端幅が広く、上流勾配が緩くアンバランスな場合は、地震動時に天端部分が重く且つ不規則化する揺れで堤体上層部の歪みが増大することと関係すると推定される。

4. 結論

本稿はため池被災要因について、東北地震を事例に堤体形状に注目して統計分析を行い、Fig.6 の結論を得た。即ち、地震動被災リスクの高い堤体形状は、縦断面的に堤頂長 L が長く、横断面で堤高 H が高く、堤頂幅 W が広く、法面勾配 D/U が小さく、アンバランスな場合であった。本結果は、今後のため池地震時緊急点検時に活用が可能と推察される。

参考文献: 1) Suzuki & Kohgo: Relationships between seismic intensities and damages to earth dams for irrigation during the 2011 Offshore Pacific Coast Tohoku Earthquake, PAWEE, online April 2014.

2) 谷: ため池リアルタイム防災データベースの開発, 農業土木学会誌 Vol.73(9), 2005.

3) 鈴木: 農業用ため池の地震動による被災要因に関する研究, 東京農工大学学位論文, 3月, 2015

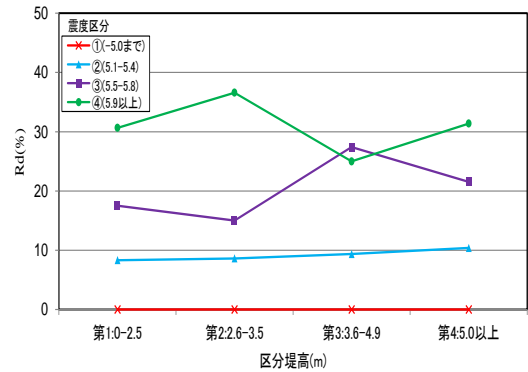


Fig.4 ため池の堤高及び震度別被災率

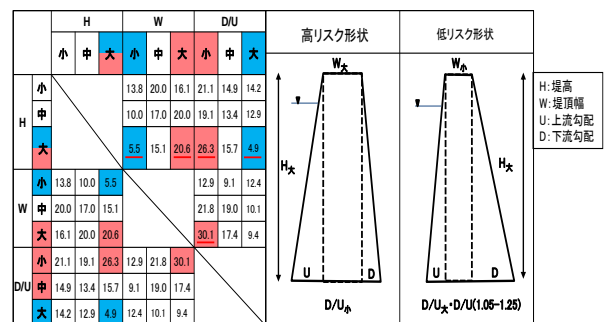


Fig.5 地震動によるため池横断面形状別被災率

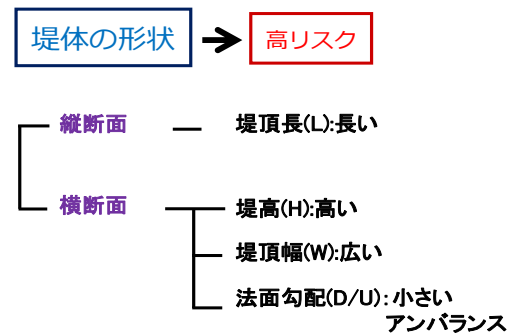


Fig.6 地震動によるため池の高被災リスク形状