

## 農業水利施設の地震リスクマネジメント A Seismic Risk Management of Agricultural Hydraulic Structure

静岡 俊郎\*, 中嶋 勇\*\*  
Toshiro SHIZUMA and Isamu NAKAJIMA

**はじめに** 農業水利施設は、頭首工、トンネル、開水路、管水路、揚水機場、排水工、ダム、ため池などの諸施設が有機的に連結したシステムとして構成され、受益地に配水する役割を担っている。一方で、現状の耐震設計指針や諸基準は、施設個々の耐震性能を規定するものであり、それが必ずしも地震時における施設全体の損害額の低減や要求機能の確保に大きく貢献するとは限らない。つまり、損害額低減や要求機能の確保という観点では、諸基準を満足するだけでは不十分といった施設が存在することもある。このような多種多様な施設で構成される農業水利施設に対し、地震対策箇所や優先順位などの検討をする際には、地震リスクマネジメント (Seismic Risk Management, 以下 SRM) が有効である。SRM は、物理的な損害、機能停止に伴う損害、第三者への派生的損害などを総合的に定量評価し、効果的な対策の意思決定支援を行う体系化された評価技術である。SRM におけるリスクは、復旧コストや要求機能の復旧期間などで表現された施設の脆弱性あるいは安全性を示す指標であり、地震対策に伴うコストと共に、対策計画 (耐震補強など) を選定する際の客観的指標として有用される。

以下に、農業水利施設の地震時のリスクとして配水機能の復旧期間に着目し、最低限の水利施設機能の確保を目指した地震対策例を示す。

**評価対象と施設の脆弱性** 新潟県小千谷市信濃川流域にある信濃川左岸地区の小千谷頭首工～1号幹線～2号幹線～3,4号幹線(一部)の5箇所の受益地への配水機能を評価対象とする。同地区の小千谷頭首工での最大取水量は $12.5\text{m}^3/\text{s}$ であり、頭首工下流の用水路の最大通水量は $7.5\sim 12.5\text{m}^3/\text{s}$ 、5箇所の受益地での最大取水量は $1.0\sim 3.0\text{m}^3/\text{s}$ とした。また、地震時の施設損傷は、小千谷頭首工、トンネル、開水路のみを対象とし、信濃川左岸地区全体を図-1に示すように小千谷頭首工構築物(建屋、ゲート操作設備)とトンネル5区間、開水路14区間の計20施設に分割した。なお、図-1には分割した20施設番号を記載した。配水機能の復旧期間については、文献1)を参照し、同機能に関連する20施設を直列あるいは並列に繋ぎシステムとしてモデル化し、イベントツリー解析を併用して評価する。イベントツリーにおける損傷形態の発生確率は、表-1に示す耐震耐力(中央値)で規定されるFragility Curveを用いて求める。また、同表には、各施設の損傷形態に応じた耐震耐力(地表最大加速度(以下、PGA)換算)と共に復旧期間も示している。

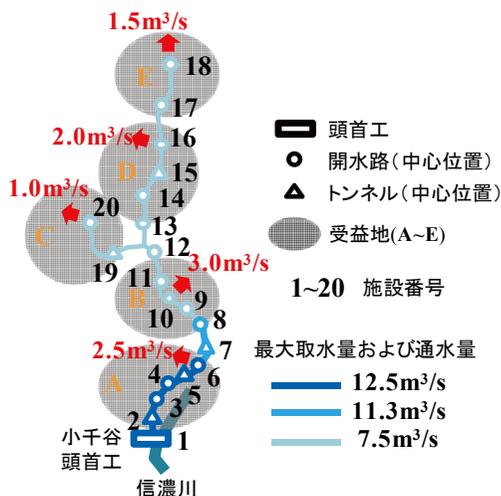


図-1 評価対象

\* 株式会社 篠塚研究所 Shinozuka Research Institute.

\*\*独立行政法人 農研機構農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering.

キーワード: 地震リスクマネジメント, システム, 機能性, 復旧期間, 対策コスト

**配水機能性に着目した地震対策** 配水機能の復旧期間の評価では、十日町断層帯西部<sup>2)</sup>による地震を検討対象とした。同地震によるPGAは各施設で約370~560cm/s<sup>2</sup>となる。図-3に縦軸を各受益地での総取水量、横軸を地震発生からの経過時間(復旧期間)とした現状の復旧曲線を黒実線で示す。現状の復旧曲線より、地震後約12日で全体取水量の1/4(2.5m<sup>3</sup>/s)、約17日で半分程度(5.5m<sup>3</sup>/s)、最終的に20日程度で完全復旧(10.0m<sup>3</sup>/s)することが分かる。

ここで、農業水利施設の最低限の機能として、受益地全体の総取水量が5.0m<sup>3</sup>/s以上確保できるまでの期間を10日と設定し、この目標復旧期間を目指した地震対策を考える。表-2に3ケースの対策案を示す。同表の◎、○のついた施設について耐震耐力の増強を考え、◎は表-1に示す耐力の50%増(1.5倍)、○は25%増(1.25倍)の耐震補強を想定する。なお、表中にない施設番号の施設(トンネルや末端の開水路)については無対策である。図-2の黒破線、黒一点鎖線、灰色実線で各対策案を行った場合の復旧曲線を示す。これらの3曲線より、対策案1,2と対策案3の配水機能の復旧過程に違いがみられるものの、受益地全体での総取水量が5.0m<sup>3</sup>/s以上という要求機能を確保するまでの期間は各対策案ともに10日以内となっており、設定した目標を満足していることが分かる。ここでは、3案を例示したが、目標を満足する施設の耐震補強のパターンは、補強箇所・程度により相当数考えられ、対策コストなどを勘案し地震対策を選定することになる。

**まとめ** 受益地への配水機能の復旧期間に着目した農業水利施設の地震対策例を示した。SRMにより、配水機能の復旧期間から施設機能の耐震性能を定量的に把握でき、要求機能の性能に応じた対策案を立案することができる。また、評価軸が復旧期間などといった受益者などにも直感的に理解しやすい数値で表され、対策コストと共に施設管理者や設計者らと地震対策案を共考する上で有用である。

参考文献：1)中村他(2011)：損傷相関を考慮した地震時システム性能評価に関する研究，建築学会構造系論文集，第661号。2)宇賀田(2001)：シナリオ地震による日本全国の地震危険度評価，建築学会構造系論文集，第541号。

表-1 各施設の耐震耐力(中央値)と復旧期間

施設名	該当施設番号	損傷要因	損傷形態	耐力中央値(cm/s <sup>2</sup> )	復旧期間(日)
頭首工	1	頭首工 建屋	軽微	410	5
			大破	1330	20
		門柱被害	倒壊	1790	180
			ゲート操作 設備被害	軽微	440
			大破	660	5
トンネル	2,5,7,15	トンネル 躯体 被害	軽微	740	5
			大破	1170	30
			崩壊	2500	240
開水路 (フルーム)	3,4,6	開水路 側壁被害	軽微	570	3
			崩壊	1140	60
開水路(コンク リートライニング)	上記 以外	開水路 側壁被害	軽微	380	2
			崩壊	760	30

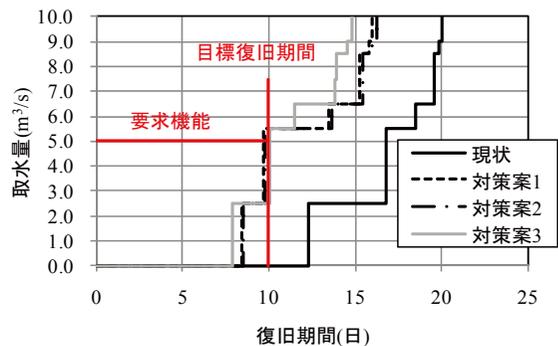


図-2 現状および対策後の復旧曲線

表-2 地震対策箇所と内容

施設番号	対策箇所	対策案1	対策案2	対策案3
1	頭首工建屋・門柱	◎	-	○
3	開水路(フルーム)	-	◎	○
4	開水路(フルーム)	◎	◎	○
6	開水路(フルーム)	-	◎	○
8	開水路(コンクリートライニング)	◎	◎	○
9	開水路(コンクリートライニング)	◎	◎	○
10	開水路(コンクリートライニング)	◎	◎	○
11	開水路(コンクリートライニング)	-	-	○
12	開水路(コンクリートライニング)	-	-	○
要求機能を満足するまでの期間(日)		9.7	9.8	10.0

◎：耐力50%増，○：耐力25%増，-：対策なし  
※ 記載のない施設番号は全て対策なし