

病院ライフラインを考慮した水道管路設備更新方法

神戸大学 正会員 ○ 鋤田 泰子

神戸大学 フェロー 高田 至郎

近畿地方整備局 正会員 中尾 真紀

1. 目的

地震時において、病院の医療活動を支えるライフラインの機能を維持することは極めて重要である。水道ライフラインでは、院外水道システムと院内水道システムの両システムが稼働して始めて緊急医療活動に寄与できる。本研究では院外水道システムの設備更新に関わる費用便益についてリスクマネジメント手法を用いて検討した。さらに、水道事業者の視点から、病院給水に関わる費用を定量化することで病院ライフライン耐震補強優先度の考え方を提示した。

2. 病院水道ライフラインの地震リスクマネジメント

本手法は、図-1の評価フローに示すように、管路損傷や病院機能損傷のリスク分析と費用便益手法から構成されている。まずリスク分析は、想定される地震に対して、病院外部の水道管路被害と病院内部の被災リスクを評価して、地震危険度考慮して期待損失額を算出する。病院外部施設は、外部水道管路の連結性確率および被害件数を求め、被害件数より復旧日数を推定する。病院内部施設は、病院建物、院内水道ライフライン、院内電力ライフラインについて損傷確率を求め、イベントツリー解析によって被害程度別に病院機能損傷モードを決める（図-2）。さらに、病院の通常時の水使用量 W に対して、ライフライン施設被害を考慮して、病院損傷モード別の必要応急給水量を決定した。病院が一日に必要な必要応急給水量は、モード発生確率とモード別の必要応急給水量の積和で算出される。さらに、一日必要給水量に院外水道復旧日数を乗じることで、病院の必要応急給水量が得られる。この病院の必要給水量を応急給水車で賄うとした場合に、かかる費用の期待値を水道事業者が病院の応急給水に関わるリスクであると見なしている。病院への応急給水の他、図-1に示す6つの項目の期待損失が本手法では算出される。

次に、水道管設備更新事業を実施するに際しての費用便益の評価手法を構築する。評価の指標は、事業を行った場合にかかる投資 C とそれにより生じる便益 B から算出される費用便益比 (B/C) を用いる。上記の便益は、事業実施前後のリスクの差を意味している。これらの投資と便益は、簡便に現在価値化できる換算係数を用いた。便益は、水道事業者が受ける5つの便益(院外水道管路復旧費用期待減少額 (B_1), 病院への応急給水減少期待額 (B_2), 病院への給水収益期待増加額 (B_3), 周辺住民への応急給水期待減少額

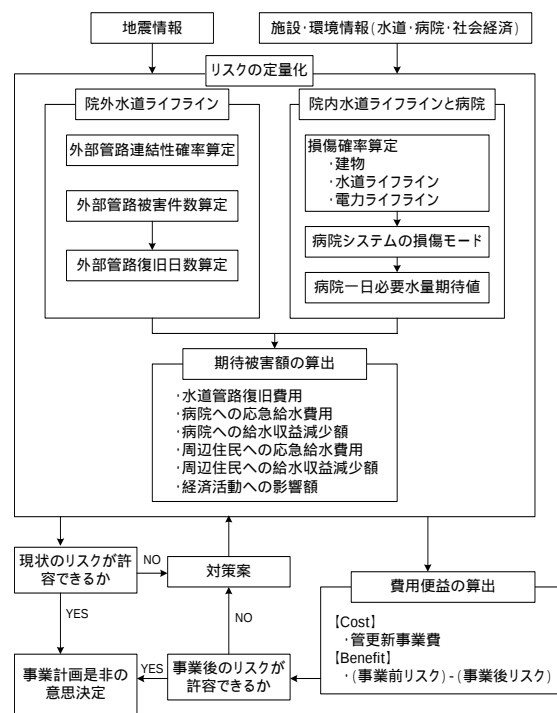


図-1 地震リスクマネジメント法

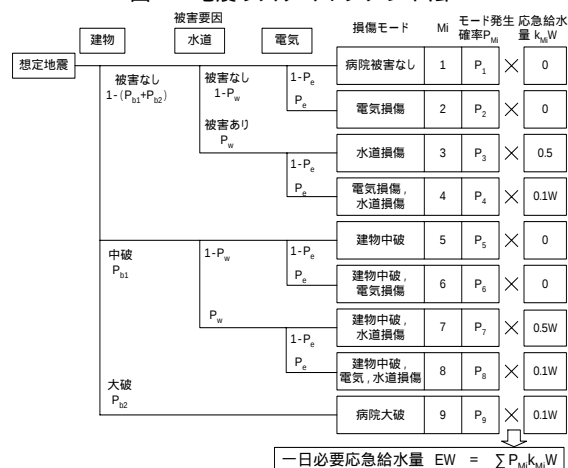


図-2 病院システムのイベントツリーと一日必要応急給水量

キーワード 病院ライフライン、地震リスクマネジメント、設備更新、応急給水、費用便益

連絡先

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1 神戸大学工学部建設学科 TEL 078-803-6047

(B_4)，周辺住民への給水収益期待増加額(B_5)の他に社会経済活動に関わる間接的便益(B_6)を考慮する．

3．大規模病院への配水管路適用事例

本提案手法を大阪市内の10箇所の大規模病院への配水管路に適用した．大阪市水道局の防災計画には5つの想定地震と，その地震動が推定されており，それらを用いた．病院の情報は，著者らのアンケート調査に基づいている．また，配水管の設備更新の方法は，2ケースを考える．Case1は配水池より下流にある耐震継手のないDIP管およびCIP管，Case2はCIP管を更新対象の管路とした．上町断層地震を想定した場合にHP4の配水ルートに対してCase2の管更新事業を行った例を表-1に示す．本表は今後50年間の計測期間とした場合の費用便益である．上町断層地震の場合，今後50年間に発生する確率が5%であるため，想定地震が発生した時に得られる便益は発生確率を乗じられている．水道施設，病院と周辺住民，社会経済活動に関わる便益でみると，病院に関わる便益は非常に小さい値を示している．

表-2は管更新事業において各更新対象となる全て管路を更新した場合の総投資費用と費用便益比を示している．期待損失額の高い上町断層地震と南海道地震の場合で評価した．上町断層地震では，発生確率は低いが発生した場合には大きな被害損失が生じる．逆に南海道地震は，発生確率は非常に高いが前者に比べると被害損失は小さいという特徴を持つ．全体の費用便益評価では，CIP管のみを更新するCase2では投資費用は少なく，費用便益比は大きくなるため，Case2が有効であることがわかる．次に救命に関わる指標として，病院関連の期待損失額（応急給水費用と給水収益減）の低減率でみる．これらの値は全体の便益と比べれば小さいが，対象病院への水供給の影響が定量化されているので，評価することが可能となる．南海道地震では，Case2は少ない投資費用であるが，十分の効果が期待できる．上町断層地震では，Case2の場合に期待損失額が大きく低減しているわけではないが，十分事業による効果が表れている．病院関連の期待損失低減率の値は各病院のルートによって異なるが，分析の中では全体を通してCase2のCIP管を対象に更新事業を進めていくことが有効であることが示された．

次に，管更新による耐震化事業を進めていく中で，リスク低減を図りたいが投資費用には必ず予算上の制限が生じる．そこで投資費用に上限を設けて，効果的なルートを優先的に選択する方法を提案した．想定地震ごとに得られる総便益を投資費用で除した費用便益比の中で，高い値を示す病院への配水ルートを優先的に更新する方法と，病院に関連した便益(病院への応急給水減少期待額と病院への給水収益期待増加額の和)を投資費用で除した費用便益比の中から，高い値を示す病院を優先的に更新するものである．分析結果では，後者の方法は，病院関連の便益を上げるだけでなく，全体の便益も上げることを定量的に評価することができた．

次に，管更新による耐震化事業を進めていく中で，リスク低減を図りたいが投資費用には必ず予算上の制限が生じる．そこで投資費用に上限を設けて，効果的なルートを優先的に選択する方法を提案した．想定地震ごとに得られる総便益を投資費用で除した費用便益比の中で，高い値を示す病院への配水ルートを優先的に更新する方法と，病院に関連した便益(病院への応急給水減少期待額と病院への給水収益期待増加額の和)を投資費用で除した費用便益比の中から，高い値を示す病院を優先的に更新するものである．分析結果では，後者の方法は，病院関連の便益を上げるだけでなく，全体の便益も上げることを定量的に評価することができた．

4．結論

管路の更新事業を行う際に，耐震継手のないDIP管を含めるよりも，CIP管のみ更新する方が費用便益比は大きくなることが示された．防災投資費用に上限付きのある事業において，優先更新方法を用いた影響評価方法によって，病院への水供給信頼性向上という付加価値を与えながら脆弱管路の更新事業を進めることができることを示した．

謝辞：本研究の遂行にあたり，大阪市水道局に貴重な資料を頂いた．ここに記して感謝の意を示す．

参考文献：高田至郎，楢田泰子，中尾真紀：水道事業者便益を考慮した病院水道ライフラインの地震リスク分析，平成17年度土木学会関西支部学術講演会，2005．

表-1 費用便益表（上町断層地震を想定しHP4にCase2の対策を行った場合）

項目	費用・便益 (百万円)	換算係 数	総費用・ 総便益 ×
総費用C			765.46
脆弱管路管の敷設 更新工事費用	695.87	1.10	765.46
総便益B			552.22
院外水道管路復旧 費用期待減少額 B_1	0.05	0.43	0.02
病院への応急給水 減少期待額 B_2	0.52	0.43	0.22
病院への給水収益 期待増加額 B_3	0.03	0.43	0.01
周辺住民への応急 給水減少期待額 B_4	5.27	0.43	2.27
周辺住民への水収 入期待増加額 B_5	0.22	0.43	0.10
社会経済活動にか かわる間接的便益 B_6	1278.12	0.43	549.56
費用便益比 (B/C)			0.72

表-2 管更新による費用便益(全病院ルートを考慮した場合)

	Case1	Case2
総投資費用(百万円)	146,842	23,977
上町断層地震による病院関連の 期待損失低減率(%)	55.1	28.7
南海道地震による病院関連の期 待損失低減率(%)	86.3	85.2
上町断層地震による費用便益比	0.11	0.15
南海道地震による費用便益比	0.03	0.16