

神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎
神戸大学工学部 学生員 ○市原 大助

1.研究目的

本研究では水道事業体の経済的損失を簡易的・即時的に評価できるシステムを構築することを目的としている。そこで、兵庫県南部地震で被害の大きかった水道事業体にアンケート調査を実施し分析した。さらに米国で構築されている HAZUS99 TECHNICAL MANUAL（以下 HAZUS とする）の地震による経済的損失算定手法を考慮して、経済的損失評価手法を検討する。

2.アンケート概要

本アンケート調査は2001年10月に兵庫県南部地震において被害のあった水道事業体に対して実施したものであり、水道事業体の施設被害金額と震災当時の施設の状況を知ることを目的としたものである。アンケートの対象事業体は神戸市を含む10事業体である。浄水場、配水池、ポンプ場に対して表-1のようなアンケート質問を行った。

3.震災後の水道施設被害金額即時推定

アンケートで得られたデータに基づいて被害金額とダメージの関係を導き出そうと試みた。まず、ダメージとして機能停止日数、地震外力としてPGAを考慮したが被害金額との相関は得られなかった。被害金額と良い相関を示すのは復旧工事日数であることが知られた。復旧工事日数が被害金額と良い相関を持つのは工事費用から考えても妥当である。

図-1に被害金額と復旧工事日数の関係を示す。そこで、経済的損失額を即時的に算出するためには復旧工事日数の推定が必要となる。一方、HAZUSでは被害程度と復旧日数の関係を水道各施設について与えている。本文ではこの復旧曲線を用いて復旧日数を決定した¹⁾。これより被害金額と復旧工事日数の関係から被害金額を算出することが可能となる。算出までのフローを図-2に示す。本手法により推定した浄水場、配水池、ポンプ場の被害金額推定一覧を表-2、表-3、表-4に示す。

これより目視による被害状況から被害金額を即時推定することができることから、震災後1日足らずで概算被害金額が推定できる。また、発災後、ある程度時間が経過し、さらに正確な復旧日数が分かれば、本本研究で作成した被害金額と復旧日数の関係より正確な被害金額を算出すること可能となる。

表-1 アンケート質問項目

施設名	質問項目
浄水場	所在地、施設能力(m ³ /日)、被害金額、バックアップシステムの有無、耐震設計がなされているか 抗差地の有無、機能停止日数、復旧工事日数
配水池	所在地、被害金額、構造(1:鉄筋コンクリート、2:プレストレストコンクリート、3:鋼製、4:FRP(強化プラスチック))、形式(1:地下式、2:地上式、3:半地下式)、抗差地の有無 機能停止日数、復旧停止日数
ポンプ場	所在地、施設能力(m ³ /分)、被害金額、バックアップシステムの有無、耐震設計がなされているか 抗差地の有無、機能停止日数、復旧工事日数

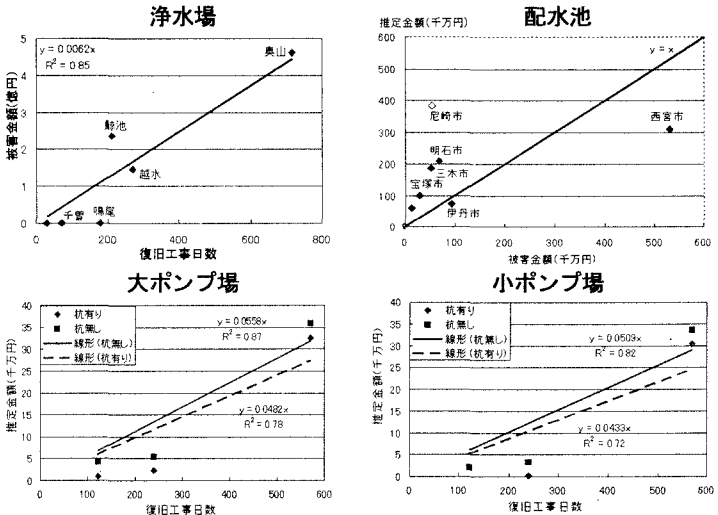


図-1 被害金額と復旧工事日数の関係

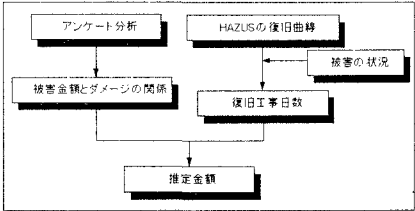


図-2 水道施設被害金額推定フロー

表-2 浄水場推定結果

被害の定義	被害状況	復旧日数	被害金額(万円)
水の品質が悪くなる	軽度な被害	3	186
水の品質がかなり悪くなる	普通の被害	7	434
施設の閉鎖をもたらす	大規模な被害	100	6200
建物や機能の崩壊	崩壊	300	6x-480000

ここで、xは施設規模(m³/日)を示す。

兵庫県南部地震のデータより推定した浄水場に対する結果を表-5および図-3に示す。図-3より浄水場の規模によらず推定金額は被害金額を良く表している。今後、データを増やしてゆくことにより推定額の精度を上げることが望まれる。

4 水道事業体単位のシナリオ地震下での被害額推定

兵庫県南部地震における各市町の水道施設に対する被害金額の内訳を表-6に示す。事業体ごとに被害の特徴があると言えるが、浄水施設、配水施設、給水管、収益の減少額はどの事業体においても比較的大きな値を占めている。そこで、以上の4つの施設を被害金額の説明関数として総復旧額を推測するシステムを考察する。

水道事業体単位での被害金額算出フローを図-4に示す。このフローでは対象としている水道事業体がほとんど6程度の震度階であったことから神戸市南部地震と同程度の地震が起こったケースについて被害金額を算出するシステムを構築する。手順としては人口から施設規模を決定し、施設規模から浄水場、配水施設、給水管、収益の減少額を重回帰分析をすることにより定式化した。また、それらの被害金額を用いて水道事業体全体の被害金額を重回帰分析で定式化した。このことで、人口から被害金額を推定することが可能となった。図-5に兵庫県南部地震における水道事業体のデータを適用した結果を示す。推定値はある程度の精度で算出できているが、尼崎市の推定金額は被害金額と比べかなり大きな値となっている。配水管の被害はどの市町でも大きな値を占めており、金額も大きな値となっている。しかし、尼崎市は配水管の被害が少なかった。そのため金額を過剰に見積もられたと考えられる。

5.まとめ

- ・兵庫県南部地震での被害状況を、アンケート調査を行うことで浄水場、配水池、ポンプ場の被害金額と復旧工事日数に高い相関があることがわかった。各水道施設の被害金額と復旧工事日数の関係を、線形近似を行うことで簡潔に示すとともに、その式を用いて水道施設ごとの経済的損失額を算出するシステムを構築した。
- ・水道事業体単位での経済的損失額を算出する手法を、重回帰分析を用いることで可能とした。しかし、兵庫県南部地震で得られたデータは地震動がほぼ同じ値を示しており、地震動強度の相違による影響を導入できなかった。今後、多くのデータを用いて地震動パラメータを説明関数に入れて分析していくことが必要である。

表-3 配水池推定結果

被害の定義	被害状況	復旧日数	被害金額(万円)
コンクリートタンクのわずかなひび割れ、スチールタンクのわずかなゆがみ	軽微な被害	3	89
コンクリートタンクのかかりのひび割れ、スチールタンクのかかりのゆがみ	普通の被害	15	105
激しく破壊されて使用するのが不可能となる	大規模な被害	300	5512
建物や機能の崩壊	崩壊	500	7.14x

ここで、xは施設規模(m³/日)を示す。

表-4 ポンプ場推定結果

被害の定義	被害状況	復旧日数	被害金額(万円)			
			大ポンプ場 故障し	大ポンプ場 被害あり	小ポンプ場 故障し	小ポンプ場 被害あり
建物のわずかな被害	軽微な被害	3	167	144	152	130
建物の過度な被害、ポンプ場の電力の損失、電線品へのかなりの被害	普通の被害	15	837	723	763	648
建物が大規模に被害を受け、修復できないくらいの損傷	大規模な被害	90	2,790	2,410	2,545	2,165
建物や機能の崩壊	崩壊	90	5,022	4,398	4,591	3,897

表-5 兵庫県南部地震適用データ

	被害状況	施設規模(m ³ /日)	被害額(万円)	推定額(万円)
上ヶ原	崩壊	125700	197,307	274,200
猪名川	崩壊	177400	619,590	584,400
蘇池	施設の閉鎖	39425	23,782	6,200
鳴尾	施設の閉鎖	18800	3,139	6,200
龍水	施設の閉鎖	18600	14,675	6,200
丸山	普通の被害	15200	47	434
中新田	普通の被害	8400	124	434
六郷荘	普通の被害	285	767	434

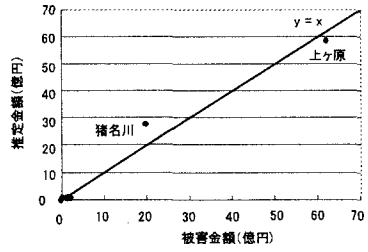


図-3 浄水場の被害金額と推定金額

表-6 各市町の被害金額内訳

	浄水施設	取水施設	配水施設	浄水施設	取水施設	配水施設	給水管	収益の減少額	応急給水	人件費	その他	総復旧額
神戸市	1	0	18	5	1	48	6	17	0	0	4	3,820,000
明石市	2	1	0	19	0	6	22	28	11	2	9	72,167
芦屋市	0	2	0	10				12	0	0	0	372,608
尼崎市	0		5		0	12	27	39	2	13	2	83,709
伊丹市	56	0	10	4	2	3	13	9	0	2	0	71,486
川西市	0	0	0	6	0	23	49	21	0	0	0	11,284
宝塚市	0	0	5	10	3	68	14	0	0	0	0	27,401
三木市	19	1	0	5	15	15	4	40	0	1	1	826,259
三木市	3	0	0	1	0	35	1	0	0	0	0	51,419
淡路町	0	0	1	40	0	29	14	16	0	0	0	923
一宮町	0	0	0	6	0	77	3	14	0	0	0	5,493

単位: 円 単位: 円

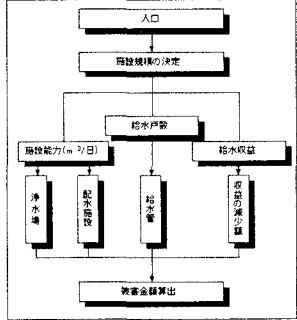


図-4 水道事業体被害金額推定フロー

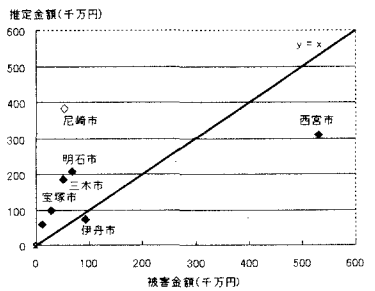


図-5 被害金額と推定金額

【参考文献】 1) Federal Emergency Management Agency: EARTHQUAKE LOSS ESTIMATION METHODOLOGY HAZUS99 TECHNICAL MANUAL, 1999.