

需要変動を考慮した給水安定性の評価に関する研究

徳島大学工業短期大学部 正 細井由彦, 村上仁士
鹿島建設株式会社 正 ○丸高茂幹
徳島市水道局 正 鎌田圭朗, 奥田義朗

1. まえがき 高普及時代に入ったわが国の水道において、平常時における水の給水状況は、その整備充実の時代に比べ大幅に改善されてきた。しかし、火災消火用水などの急激な需要増や大地震などの災害時にも十分対応できる安定給水には、未だ程遠いのが現状である。本研究では、水の安定供給実現のための基礎資料を得ることを目的としており、徳島市水道をモデルとして、その給水状況について調査研究を行った。

2. 調査概要 徳島市水道給水区域内にある5つの配水池について、その配水量の変動を月別、時間別に調査した。また、徳島市行政区域内における火災の発生特性についても、月別、時間別に調査を行った。さらに、火災の発生についてはその消火に必要な水量の水量分布の調査も行った。昭和62年度の日最大配水量日における総配水量の時間別変動、および過去18年間の火災の時間別発生件数はそれぞれ図-1、図-2に示すようになった。これより、配水量は午前9時頃と午後7時頃にピークを持つように変動していることがわかった。また、火災の発生件数は午後3時頃に最大となり午前5時頃に最小となった。火災1件当たりの平均消火用水量は26.7 (m³/件) であり、消火用水量別に火災の発生状況を見ると、消火用水が10 (m³) 未満の火災が最も多く発生しており全火災発生件数の約6割を占めていた。

3. 計算方法 解析方法のフローチャートを図-3に示す。各節点の需要水量の決定に際し、乗じる時間係数は図-1に示した総配水量の時間係数を需要水量の時間係数として与えた。また、需要水量の不規則な変動を考慮するために各節点需要水量に正規乱数を乗じている。火災の発生はポアソン分布に従うものとして、各時刻における火災発生確率を求め、モンテカルロシミュレーションを行い火災発生の有無を判断する。任意の1時間について管網計算を行った結果より、各配水池からの配水量を求め、それに続く時間ステップにおける配水池水位を決定するようにしている。ここで、各配水池への送水量は1日を通して一定としている。

4. 計算結果 徳島市水道の配水管網モデルを図-4に示す。需要水量の変動のみを考慮した場合のシミュレーション結果は表-1に示すようになった。表中の標準偏差とは需要水量に与えた正規乱数の標準偏差であり、また高温期・低温期とは、1年を5～10月と11月、12月、1～4月の2期に分けてシミュレーションを行った結果である。表に示す各指標の算出方法は表-2に示すとおりである。各指標の値は標準偏差の値が大きくなるに従い大きくなっている。これより、各節点需要水量の不規則変動の取り扱い方により、システムの信頼性は影響を受けると考えられる。つぎに、火災の発生を考慮した場合のシミュレーション結果を表-3に示す。これは、低温期における時間別不足発生件数を表している。シミュレーション

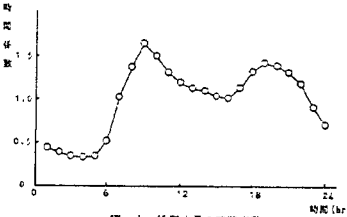


図-1 総配水量の時間変動

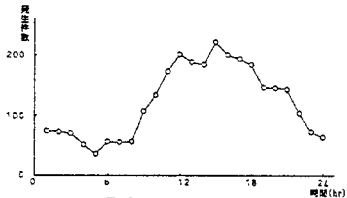


図-2 時間別火災発生件数

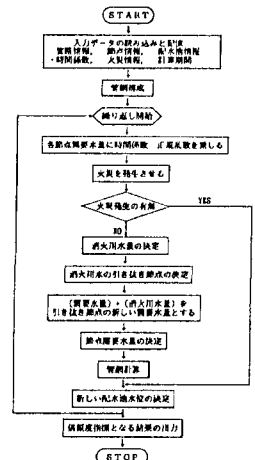


図-3 配水管網の信頼性解析フローチャート

期間は800日(19200)時間であり、標準偏差は0である。

表の中に示される*印は、*印のついた節点において、表-1 火災を考慮しない場合のシミュレーション結果

その時刻に消火用水の引き抜きがあったことを表す。ここで、シミュレーション期間中の19時において1~5番節点において2回づつ不足が発生しているが、この不足が発生したのは、すべて2番節点において消火用水の引き抜きがあった日においてであった。同様の関係が表の太線で囲んである部分についても見ることができる。これより、太線で囲まれた部分の不足は其中で発生した消火用水の引き抜きにより生じたものと考えられる。このことより、このような太線に囲まれた節点は消火用水などの急激な需要増に対して信頼性の低い節点であると考えられる。表-3において不足の発生した節点については図-4に斜線で示している。表-4はシステムの信頼性を表している。ここで、システムの信頼性は、システム内の節点の信頼性を、その節点需要水量をもとに加重平均して求めた。時間に関する信頼性は、システム内のどの節点にも不足が発生していない時間の、シミュレーション時間に占める割合である。水量に関する信頼性は、需要水量に対する供給水量の割合で表した節点の信頼性を用いて求めた。火災を考慮したものと、しなかったものを比較すると、火災の発生を考慮したときには水量に関する信頼性の低下が著しく、火災の発生を考慮しなかったものに比べ約12%低下している。

5. まとめ 本研究では、需要水量の変動が配水システムの機能に与える影響について、その解析方法の提案を行った。徳島市水道の配水管網にこれを適用し、需要水量の変動に伴う節点における水圧低下などの配水システムの機能低下を定量的に評価することを試みた。その結果つぎのこ

とが明らかになった。(1) 徳島市における配水量は午前9時頃と午後7時頃にピークを持つように変動しており、明かに時間的な変動をしている。(2) 需要水量の不規則さを考慮するものと、しないものとはシステムの信頼性が異なり、不規則さを考慮したものの方がシステムの信頼性は小さくなる。(3) 火災の発生は節点の信頼性に大きく影響し、システムの信頼性も小さくなる。

6. 参考文献 Larry W.Mays and M.John Cullinane: A REVIEW AND EVALUATION OF RELIABILITY CONCEPTS FOR DESIGN OF WATER DISTRIBUTION SYSTEMS, Department of The Army US Army Corps of Engineers, Miscellaneous Paper EL-86-1, January 1986.

	需 求 量					
	0 00		0 15		0 30	
	高圧期	低圧期	高圧期	低圧期	高圧期	低圧期
シミュレーション期間 (h)	120	120	1200	1200	1200	1200
総需要水量 (m³)	5.522E+05	4.941E+05	5.530E+06	4.948E+06	5.527E+06	4.955E+06
総不足水量 (m³)	256.7	15.8	3831.7	360.8	7041.3	1418.0
不足水量比 (m³/m³)	4.648E-04	3.198E-05	7.155E-04	7.872E-05	1.278E-03	2.855E-04
不足時間率 (h/h)	5.492E-03	3.737E-04	7.048E-03	6.921E-04	8.610E-03	2.272E-03
不足件数 (件)	158	10	1846	130	2504	808
1件あたり不足水量 (m³)	1.615	1.580	2.085	1.583	2.872	2.383

表-2 各指標の算出方法

$$\begin{aligned} \text{不足水量比} &= \frac{\text{シミュレーション期間中の総不足水量}}{\text{シミュレーション期間中の総需要水量}} \\ \text{不足時間率} &= \frac{\text{不足発生件数}}{\text{シミュレーション時間数}} \end{aligned}$$

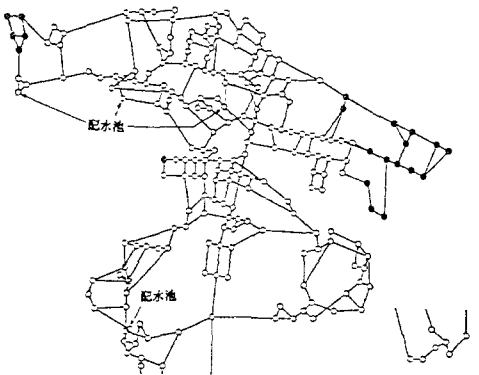


図-4 徳島市配水管網モデル

表-4 システムの信頼性

信頼性項目	期	標準偏差	火災なし	火災発生
水量に関する信頼性	高圧期	0.00	0.9909	0.8940
	低圧期	0.50	0.9008	0.8447
時間に関する信頼性	高圧期	0.00	1.0000	0.8038
	低圧期	0.50	0.9097	0.8088
水量に関する信頼性	高圧期	0.00	0.9941	0.7627
	低圧期	0.50	0.9914	0.7073
時間に関する信頼性	高圧期	0.00	0.9990	0.8556
	低圧期	0.50	0.9073	0.8081

表-3 火災を考慮した場合のシミュレーション結果

時刻	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	合計
1									*	1		2		* 1	4
2											** 2				2
3												3			3
4												2			2
5												2			2
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
合計	1811	84	7	1	2	4	1	5	11	10	15	22	46	1788	