

VII-146

送配水システムの信頼性の評価に関する研究

中国積水ハイム（株）正会員 渡邊康広
 鳥取大学工学部 正会員 細井由彦
 鳥取大学工学部 正会員 城戸由能

1. まえがき

信頼性を検討するには、システム要素の構造的な強度に関するものと、冗長性に関連するシステム形状に関するものに分けて考え、最終的にこれらを統合する必要がある。水道の送配水システムを考えてみた場合、埋設管やポンプ等の要素の構造的信頼性ととも、管のネットワークや配水池等によるシステムの冗長性についても検討する必要がある。しかし異なった要素間での破壊確率の取り扱いや冗長性の評価をいかに行うべきかという問題があり、総合的な評価を行うまでには至っていない。本研究では水供給システムの信頼性を総合的に評価する手法を検討するための一つとして、配水区域別の相対的な信頼性を、総合的に評価することを考えてみた。

2. 送配水システムの信頼性に関わる要素

送配水システムを構成し、その信頼性にかかわる要素として、管路、ポンプ、配水池、配水管網等が考えられる。管路の破損は管種や管径とその管が埋設されている地盤条件などに依存しており、これらの情報を与えることにより、各管路の相対的な被害発生割合は評価することができる。管路自身の他にも管路の被害に関わるものとして属具がある。また河川を横断する場合には橋梁添架や水管橋、伏越などが使われるが、とくに地震時などには地盤の動きに追従せず、破損につながるものが考えられる。活断層を横切する場合も地震による破損の危険度が高くなると考えられる。

ポンプ施設は通常は予備も含めて2台以上を備えている。これらが並列あるいは直列の組み合わせでどのように連結されているかで信頼性は異なる。またポンプはそれ自身の故障だけではなく停電によっても停止するので、予備電源の設置の有無がその信頼性に大きく関係する。

配水池は需要水量の時間的な変化に対応するための時間調整と、配水池より上流側における事故発生時にも、下流側に安定して水を供給できるようにするための貯水機能を有している。したがって水質面を考慮しないことにすると、給水人口に対してできるだけ多くの容量を有しているほど安全である。また同じ容量を有していても、給水先の需要の時間変動が小さい方が安全性は高くなる。配水池より下流の配水管網においては、できるだけネットワークを構成している方が冗長性が高くなり、管の破損発生に対する給水信頼性が高くなる。

3. 総合的な信頼性の評価

鳥取市水道システムを対象として、各配水地区の信頼性を検討してみた。対象としたシステムは、水源地で伏流水を取水後、隣接の浄水場を通過して5箇所の1次配水池あるいは調整池に送られた後、さらに配水池、調整池に送水されている。ここでは末端を18の配水区域に分け、それぞれの区域において、2で述べた給水の信頼性に関わる各要素ごとに信頼性をランクづけした。さらにその結果をもとに、図-1に示すような階層図により、AHPにより各配水区域の信頼度評価を行った。

信頼性の検討の対象として地震時を想定した。第1水準の評価基準として、被災後1日以内と1週間後の給水安全性を考えると、さらに第2水準の評価基準として、配水池より上流の上位レベルの信頼性と、下流の下位レベルの信頼性、両者をつなぐ配水池の信頼性、復旧性をとりあげた。

上位レベルの信頼性は、送水経路における各種要素により評価し、下位レベルは配水管網の構造的信頼性と冗長性により評価した。配水池はその絶対容量と時間調整以外に使える容量で、復旧性は修繕必要箇所数の発生可能性と、1ヶ所の修繕による通水回復能力によって評価した。送水ポンプについては、ポンプ故障時の冗長性と、予備電源の設置状況と考えた。配水管の構造的破損については、延長当たりと給水人口当たりの破損発生確率を考えた。

各地区の総合評価点を図-2に示す。図より津の井ニュータウン、面影高地区、丸山、中の郷等の配水区域が相対的に高い信頼度を有しており、浜坂、賀露、末恒の各地区では低くなっている。

浜坂地区は下位レベルと配水池の評価値が小さい。末恒と賀露は途中まで同一の送水系統であるが、賀露では配水池容量が小さく、末恒は下位レベルの配水管網に問題がある。信頼性の向上策としては、浜坂地区は配水池容量の増強と配水管の更新、連絡管の設置によるネットワークの整備が考えられる。賀露地区では配水池容量の増強と配水管の更新、連絡管の設置によるネットワークの整備が考えられる。

同様の評価法を阪神淡路大震災で大きな被害を受けた阪神間4市の水道について適応してみた。詳細なデータ

を使用すると煩雑になるので、ここでは第2水準の各評価項目について検討した。

4市の相対的な比較としては、神戸市が最も高い点となった。ちなみに震災直後の通水率は尼崎市が約50%、他の3市はほぼ0%であった。1週間後に、尼崎市は90%以上、神戸市約40%、西宮市約20%、芦屋市0%で、比較的震度が小さかった尼崎市をのぞくと、総合評価点と同じ順になっている。

神戸市の評価が高いのはとくに配水池による大きな貯留機能と、配水管網の耐震化が進んでいることによる。したがってこの機能を十分に発揮させるために、配水池に対する緊急遮断弁の設置を進めることが有効である。また上位レベルに対する評価が他市に比べて低くなっており、阪神水道企業団以外の水源の開発、強化や阪神水道企業団の送水システムの強化が、対策としては有効である。

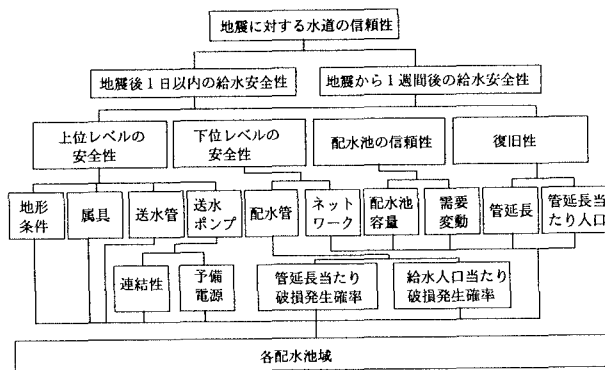
尼崎については、阪神水道企業団から直接配水を受けている地域もあるが、企業団の配水池容量は評価の中に入れていない。もしその容量を評価に入れると配水池に対する評価値がもっと高くなる。このことから、阪神水道企業団に関して4市の中で最も上流に位置している優位性を生かしつつ、緊急時に4市とやかに水の配分を行うかを考えておく必要がある。

西宮市は配水管の耐震化を進めるとともに、配水池の貯留機能の増強をはかることが重要である。

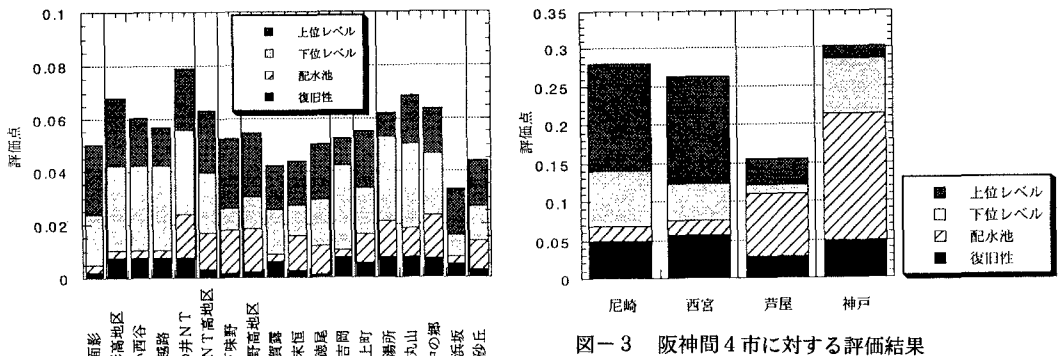
芦屋市はまず配水管の耐震化を進め、下位レベルの安全性を向上させる必要がある。同時に周辺大都市との協力体制を整え、復旧体制を整備しておくことが重要である。また神戸市とともに阪神水道企業団の送水システムの強化に取り組むことが有効であると考えられる。

4. あとがき

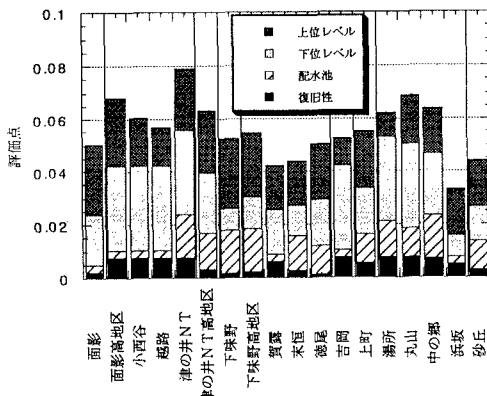
本研究では水道システムの信頼性を総合的に評価する方法について検討した。その結果は相対的な評価となっているが、信頼度はつねに何かとの比較で評価が行われているものであることを考えれば、有効な方法と考えることができる。とくに他地域との比較を行うことにより、問題点や特色を明確にすることができ今後の対策を考える上での指標とすることができる。



図一 送配水システムの信頼性評価のための階層図



図一 阪神間4市に対する評価結果



図二 鳥取市の配水区域に対する評価結果