

防衛大学校土木工学教室 正会員  
横須賀市水道局

佐藤 弘 志  
渡部 章 允

1. はじめに 横須賀市の上水道システムの大きな特徴は、その地理的条件から一種の孤立した系になっていることである。市内に水源が乏しく、水源を遠方に依存しており、また立地的に相模トラフに連接している関係から、市域内には大小の活断層が走り、地形的には狭い谷戸が多く、地質的には極めて不均一な条件下にあるため、過去の被害例に見られるように、地震に対して弱い体質をもっている。このような事情から、市水道局では、地震時における飲料水の確保のため、新水源の開発、非常用の貯水機能の拡充および送配水幹線の補強などを柱とする水道システムの耐震性の向上に取り組んできた。管路網の補強計画および応急復旧資材の見積りなどのため、航空測量により全市の $1/500$ の地形図を作成し、これに給配水管を記入した配水管路基本図を作成するとともに、既設の水道施設（ポンプ場、配水池、配水管路）の耐震診断を行い、被害想定図が作成されている<sup>1)</sup>。

本研究は、これまでに得られた水道施設に関するハード面のデータを利用して、横須賀市における配水管網を一つのネットワークシステムと考えたときの耐震信頼性を検討し、将来の補強計画、資材の備蓄計画に対する基礎的な資料を得ることを目的としている。本文では、その基礎的段階として、主要配水管網を簡単なモデルに置換し、モンテカルロ法によって耐震信頼性を解析した結果について報告する。

## 2. 配水管路網のモデル化および耐震信頼性解析の概要

横須賀市の主要配水管等の水道施設は、図-1のように配置されている。市内の主要配水管について見れば、遠見浄水場および山中トンネル配水池を主たる供給源とし、市内に設けられた各配水池を経由して供給する一つのネットワークシステムと考えられる。用いられている管種は古い時代の鑄鉄管もまだ残っているが、主に鋼管とダクタイル管である。主要配水管の管種別布設延長は表-1に示すとおりである。

表-1 管種別布設延長

| 管種     | 延長(四)  |
|--------|--------|
| 鋼管     | 38,215 |
| ダクタイル管 | 34,080 |
| 鑄鉄管    | 9,760  |
| 計      | 82,055 |

ネットワークの信頼性を評価する方法には、種々の方法があるが、ここでは、大規模なネットワークの信頼性解析に有効であると考えられているモンテカルロ法を用いた手法を採用することにする。解析の手順は以下になる。

(1) 配水管網を、ノードとリンクからなるネットワークにモデル化する。ここで、ノードとは管路網の中にある浄水場、配水池などの供給点、管路の分岐点、架橋地点など管路の節と考えられる部分であり、リンクとはノードとノードとを結ぶ管路のことである。

(2) 各リンクの非破壊確率を算定する。

この手法は、外力条件、地盤条件および管路の条件から求まるリンクの非破壊確率にもとづいて、ノード間の連結確率を求め、その値をもとにネットワークとしての信頼性を評価

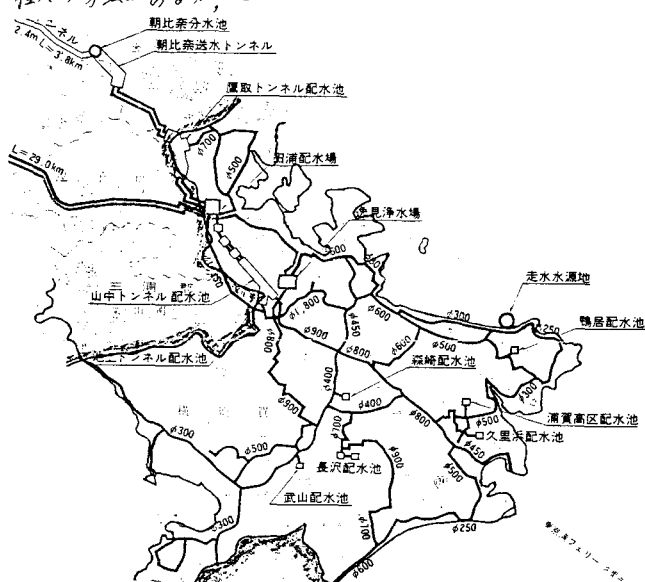


図-1 横須賀市の主要水道施設

しようとするものであるので、リンクの非破壊確率の算定法は結果に大きな影響をおよぼすことになる。一般に、リンクの非破壊確率は、同じような条件のもとに、ある特定の場所で得られた実際の被害率にもとづく方法、または地盤の応答ひずみと管体強度との相互関係も考慮して決定する方法によって算定される<sup>3)</sup>。

(3) 得られたリンクの非破壊確率をもとに、各ノードの接続マトリックスをつくり、モンテカルロシミュレーションを行う。

3. 解析結果の一例 ここでは、前述のような横須賀市の主要配水管網(図-1)を市内の各配水池への供給ということに着目して、図-2のようにモデル化した。ここでA、Bは主な供給点と考えられるノードであり、その他のノード1~16は実際の配水系統、分岐点などを考慮して決めたものである。リンクの非破壊確率は、前述のような横須賀市の水道施設の耐震診断に関連して実施された地盤調査結果にもとづくN値および表層厚さなどから求まる地盤ひずみと管体材料の許容値との関係から決ったものである。図-3に、基盤入力加速度の変化による各ノードと供給点A、Bとの連結確率を示した。この図から、入力加速度の増大により系の信頼性が低下していく様子が明らかである。また、図-4は、リンクの非破壊確率の算定法の違いによる影響を調べたものである。すなわち、リンクの非破壊確率がリンクの長さ依存すると考えて、単位長さ当たりの被害率を仮定(ここでは、1978年宮城県沖地震における中圧ガスラインの被害率: 0.02件/kmを用いた)して求めた各ノードの連結確率と前述のような地盤の応答にもとづく方法(加速度 100gal)による結果を比較したものである。これらの結果に対する考察は、ノードの非破壊確率を考えない場合のシステムの信頼性、ハード的な耐震診断で得られている被害想定との対応などの結果も含めて講演時に報告したい。

4. おわりに 本研究は、横須賀市の配水管路をネット

ワークとして評価し、それらをもとに将来の管路網の補強対策などのための情報を得ることを目的に行ったものである。今後、システムのモデル化、入力データそのものの信頼性、さらには管路網に水の流水を考えたとときの影響などについて考えていきたいと考えている。なお、この研究の一部は、57年度の卒業研究として実施されたものであり、資料の整理などは、豊田、永田両学生の世話になった。

(参考文献)

- 1) 斎藤 他: 横須賀市における水道施設の耐震調査(I),(II),(III), 水道協会雑誌, Vol. 564, 565, 567, 1981
- 2) 例えは、田村 他: ライフラインシステムの耐震性の一評価方法について, 生産研究, Vol. 30, No. 7, 1978
- 3) 高田 他: 地中ライフラインの地震危険度解析, 建設工学研究報告, 1979

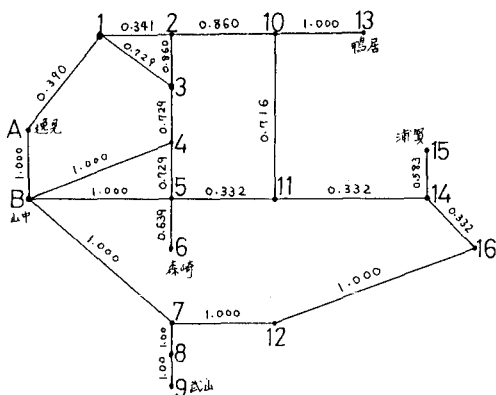


図-2 ネットワークモデルとリンクの非破壊確率(100gal)

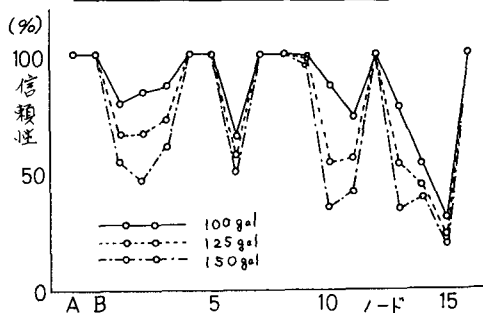


図-3 信頼性(入力加速度の影響)

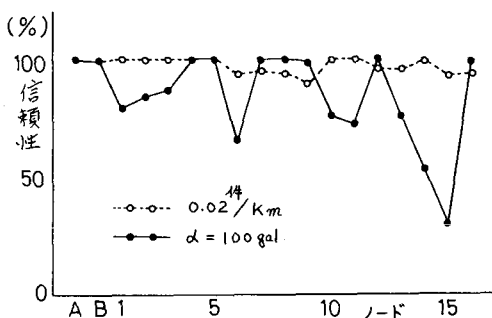


図-4 信頼性

(非破壊確率の算定法の違いによる影響)