

IV-27

F T A手法を用いた導・送水ネットワークの安定性分析

(株) 日水コン 正会員 大 森 啓 敬

(株) 日水コン 正会員 今 田 俊 彦

(株) 日水コン 間 山 一 典

1. はじめに 水道に対する依存度の向上とともに、水道は生活に必要な物資の供給ルートという意味でライフラインとして位置付けられるようになってきた。このような情勢の中で水道は水を安定的に供給することを要求され、自然災害さらには施設の事故に対する危険管理が重要視され始めた。ここで水道施設に対する危険管理とは、水道施設の被害等による機能低下を小さくすることと、機能低下が発生した場合に需要者への影響を小さくするということの2つに大きく分類される。本論文では、水道施設の機能低下を分析する手法として信頼性分析のために開発されたF T A手法(Fault Tree Analysis)をとりあげ、水道施設分析への適用法を紹介する。この手法を使うことによって耐震化や設備等の冗長化、分散化等の水道施設の安定性の向上を図る有効な手段を選択することが可能となる。

2. 水道施設の構造的安定性分析へのF T Aの適用

F T Aとは、重大な故障（被害）から出発してその原因となる故障を探り、遠因となる事象まで遡って重大な故障とそれに関わる事象の因果関係さらには関連の強さを明らかにしていく手法である。この手法を導・送水ネットワークの安定性分析に適用していく場合には、重大な故障（頂上事象）を浄水場もしくは配水池に水がこないという事象とし、導・送水管、ポンプ場、水源等での事故等を原因事象として各基本事象と頂上事象の関連の強さから各施設の重要性を分析していく。分析の手順を示せば図-1となり、全体は大きく3つのプロセスから構成される。第1のプロセスはF T図を作成するためのネットワークのモデル化であり、解析の簡略化を図るために施設をグループ化し、管路の連結性、バルブの配置状況から分割運用の可能性を考慮して施設をモデル化する。第2のプロセスは浄水場もしくは配水池に水がこないという事象を頂上事象としてF T図を作成し、ミニマルカットセットを求めて実際の

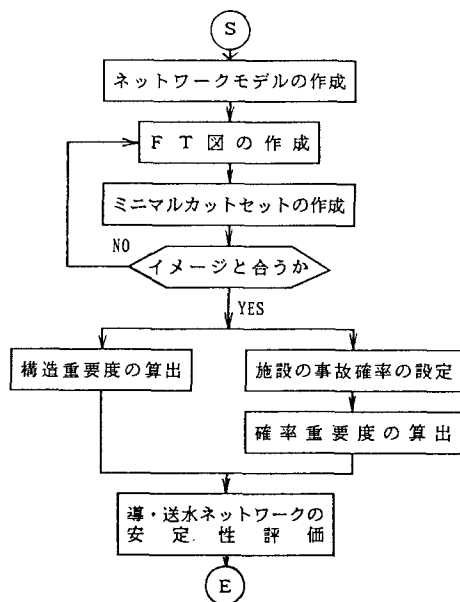


図-1 分析手順

施設の運用のイメージと整合性をチェックしながら修正を行なってF T図を完成する。そしてF T図が完成された後に各基本事象の構造重要度および確率重要度を算出する。ここにミニマルカットセットとは、頂上事象を発生させるために最低限必要な基本事象の組み合わせであり、構造重要度は各施設の連結性のみ考慮し、確率重要度は各施設の信頼性（基本事象の発生確率）も考慮して求めた各基本事象と頂上事象の関連の強さを表す指標である。第3のプロセスは算出された構造重要度および確率重要度を基に施設の構造的な安定性を分析する。

3. 解析事例 ここでは図-2に示すような4水源から3浄水場への導水ネットワークを対象として、施設の構造的な安定性を分析した事例を紹介する。いずれかの浄水場に水が導水されないという事象を頂上事象とし、導水管、ポンプ場、水源での事故を基本事象としてF T図を作成すると図-3が得られる。そしてこ

のFT図を基に基本事象の構造重要度および確率重要度を求めると表-1となる。これより構造重要度、確率重要度共に水源4，ポンプ場13，導水管9が他の事象に比べて大きくなっている。これは浄水場Cへの導水ルートが水源4からポンプ場13，導水管9を通る1ルートのみであるためであり、浄水場Cへの導水ルートの多系統化もしくは各施設の信頼性を向上することが施設全体の信頼性の向上に対して有効であると考えられる。また導水管5は非常時にのみ使用する浄水場bから浄水場aへの連絡管であるが、重要度は高く評価されており、施設の安定性の向上に対して有効に働いているものと考えられる。ここで頂上事象すなわちどこかの浄水場に導水されないという事態の発生確率を求めると0.0815となり、約12年に1回どこかの浄水場に導水されないという事態が発生するものと推定される。危険管理手段を検討する場合には、各案について頂上事象の発生確率を求め、発生確率の低減効果によって各案の比較検討ならびに安定性向上効果を把握することも可能であり、危険管理手段の選択において本手法は非常に有効であると考えられる。

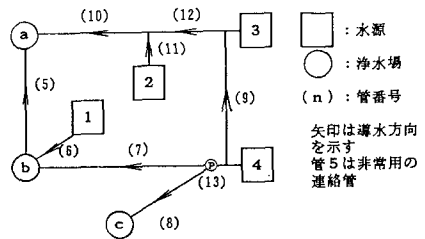


図-2 ネットワークモデル

表-1 構造重要度・確率重要度

基本事象	事故確率 件/年	構造重要度	確率重要度
水源			
1	0.01	0.0198	0.0438
2	0.01	0.0061	0.0004
3	0.01	0.0037	0.0000
4	0.01	0.0989	0.9278
導水管			
5	0.01	0.0574	0.0473
6	0.05	0.0198	0.0456
7	0.05	0.0593	0.0548
8	0.02	0.0989	0.9372
9	0.10	0.0037	0.0000
10	0.05	0.0208	0.0092
11	0.02	0.0061	0.0004
12	0.05	0.0110	0.0003
ポンプ場			
13	0.05	0.0989	0.9668

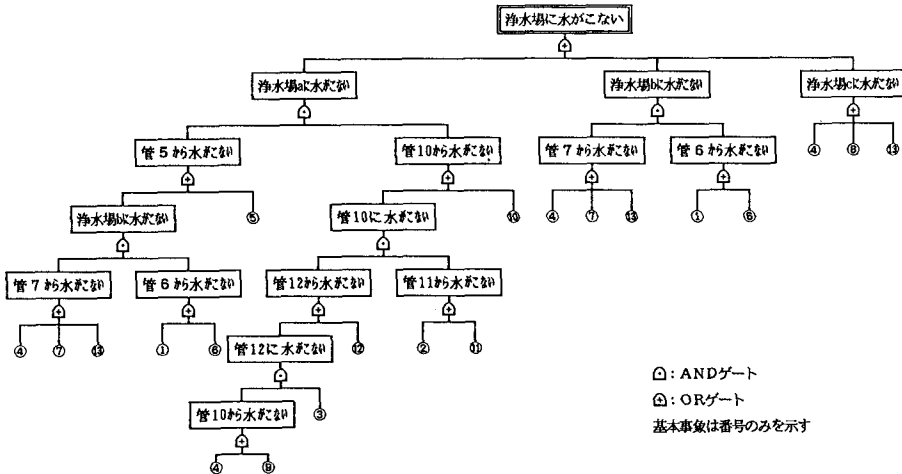


図-3 FT図

4. おわりに 本論文によって紹介したFTAによる導・送水ネットワークの安定性分析法は、施設の連結性および各施設の信頼性を考慮した解析手法であり、機能低下を生ずる確率を評価することが可能である。したがってここで紹介したような分析を行なうことによってこの分析の次の段階となる定量的、水理的な分析に対して以下の情報を提示できる。すなわちFTAによって施設機能低下の発生確率を明らかにできることから事故災害のケースを提示することができ、さらには危険管理手段の検討が必要な施設を提示することができる。また本手法による解析結果は基本事象の発生確率に大きく左右されるため、各基本事象の発生確率（各施設の事故確率）を精度よく推定することが今後の課題である。紙面の都合上FT図の作成手順の紹介を行なうことはできなかったが、作成手順は発表時に紹介させていただきたい。

【参考文献】井上威恭：FTA安全工学，日刊工業新聞社