





## (2) 調査頻度

表-1 に、管径 200mm、土被り 0.9m の下水管路の健全度の予測を示す。

国総研は、信頼性重視保全 (RCM) の考え方に基づき、劣化曲線上で、劣化の進展に最初に気づく P 点 (Potential Failure) と対象管路の機能喪失が発生する F 点 (Functional Failure) の間の時間間隔 (P-F 間隔) の半分の時間を最適な調査間隔とする方法を提案している<sup>4)</sup>。これは、RCM の国際規格でも典型的な方法として示されている<sup>5)</sup>。図-3 に示すように、P 点を緊急度がⅣからⅢ (健全度 1 から 2) となる点、F 点を緊急度がⅡからⅠ (健全度が 3 から 4) となる点とし、危険度を最重要管路については 1%、重要管路については 5% と設定する。

表-1 で示した管路の劣化曲線に当てはめ、健全度 2 となる管路の割合が 1%、5% となる点を、それぞれ最重要管路、重要管路の P 点とする。同様の方法で F 点も決まる。管路の調査頻度については、P-F 間隔の半分程度の期間が推奨されており、表-1 の結果から、この管路が最重要管路であれば 9 年 (= (18 - 1) / 2)、重要管路であれば 18 年 (= (36 - 1) / 2) が最適な調査間隔であるといえる。

表-1 管径 200mm、土被り 0.9m の管の健全度推移

経過年	健全度1	2	3	4	健全度の推移
1	<b>0.9209</b>	0.0777	0.0014	3.00E-06	1年で健全度1が92%に
8	<b>0.5173</b>	0.4134	0.0682	0.0012	1が50%まで減
18	0.2269	0.5275	0.2357	<b>0.0099</b>	健全度4が1%に増
28	<b>0.0995</b>	0.4735	0.3983	0.0286	1が10%まで減
36	0.0515	0.397	0.5017	<b>0.0498</b>	1が5%に減、4が5%に増
50	0.0162	0.2672	0.6203	0.0963	4が10%に
55	<b>0.0108</b>	0.2285	0.6459	0.1149	1が1%に
77	0.0018	0.1097	0.6868	<b>0.2018</b>	4が20%に

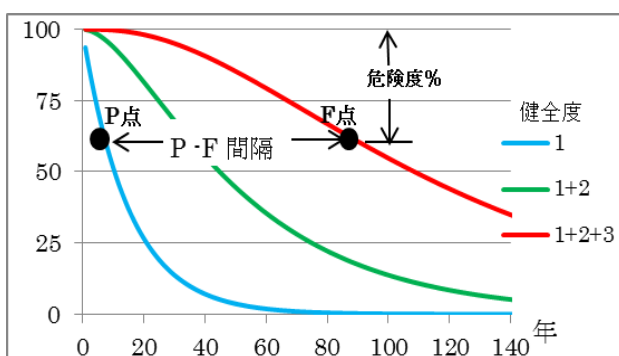


図-3 危険度と P 点・F 点の関係

## (3) H 市で調査されたコンクリート管路全体の健全度の推移

H 市で調査されたコンクリート管路 (3,622 管路) を対象に健全度 4 への劣化の進行を予測した。方法としては、個々の管路毎に調査年とその時点での健全度に基づき、当該管路が健全度 4 に確率 1~50% で到達する年を求め、年毎に管路数を合計して全体の推移を求めた。結果を図-4 に示す。管が布設されたのは 1970 年代が大部分であるが、ピークで見ると健全度 4 に 1% の確率で到達するのは 2015 年頃、5% は 2030 年頃、10% は 2045 年頃、20% には 2070 年頃、50% には 2150 年頃となる。劣化が進むとともに個々の管路の特性の影響により時間的バラツキが大きくなり、将来の更新費用が平準化される程度についても推定される。

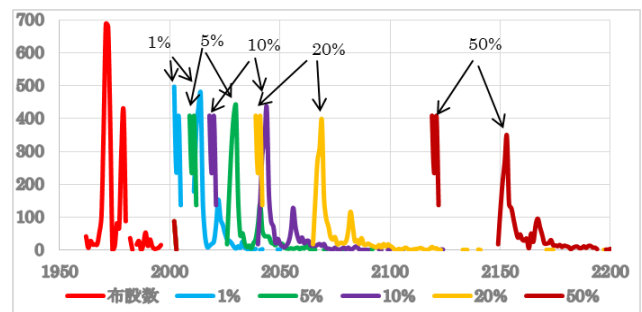


図-4 確率をパラメータとした健全度 4 への到達時間分布

## (4) 更新事業費とその推移の推定

以上のように、将来の劣化推移が求められたことから、健全度 4 に到達した管路延長をその年に改築すると仮定し、将来の更新事業費を推定した。更新事業費は健全度 4 に到達する延長に、その管径毎の該当する管更生工法の m 当り単価を乗じて求めた。推計結果を図-5 に示す。

健全度 4 に到達する延長は年間 200~400m 程度であり、2070 年頃が更新事業のピークになることが分る。更新事業費としては年間 2000~4000 万円が必要となると推定される。図-2 でも示されたように、管径が大きい方が劣化の進行は遅いことから、後年度になるほど更新管の平均管径は増大し、それとともに m 当り平均更新単価も増大することになる。

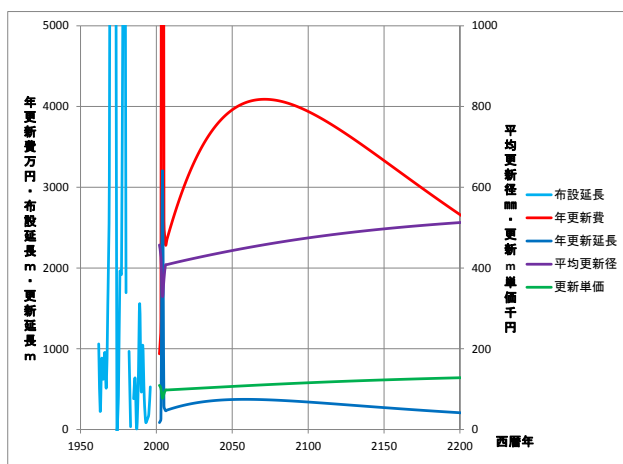


図-5 健全度4の管を毎年更新するとした時の更新延長と事業費

## 5. 結論

国総研の下水管路データベースのデータに京都大学で開発されたマルコフモデルを適用し、最尤法による劣化予測モデルのパラメータ推定と、それに基づく劣化予測解析を行った。今回の解析は、テレビカメラ調査が行われた管路のみを対象としたが、管路の属性データがあれば、調査データのない管路についてもきめ細かな劣化予測解析が可能である。即ち、下水管路台帳のデータと個々の管路の重要度に応じて、最適な調査頻度を定め、

将来の更新需要を推定することが可能となる。また、テレビカメラ等の追加調査の結果は、随時パラメータの精度向上に利用される。以上のことから、この予測モデルは、下水管路管理の合理的な意思決定において、有効な支援ツールになり得ると考えられる。

**謝辞：** 国総研のデータの活用に当って、国総研下水道部深谷渉主任研究官の助言をいただきました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献：

- 1) 貝戸清之, 鎌田敏郎, 大谷明, 山中明彦：下水道コンクリート管渠のストックマネジメント, 下水道協会誌 Vol.47 No.577 2010/11
- 2) 津田尚胤, 貝戸清之, 青木一也, 小林潔司：橋梁劣化予測のためのマルコフ推移確率の推計, 土木学会論文集, No.801/I-73, pp.69-82, 2005.
- 3) <http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html>
- 4) 松宮他：下水道管きよにおけるストックマネジメント導入に関する検討調査、国総研資料 605号：平成21年度下水道関係調査研究年次報告書集、2010.8
- 5) IEC 60300-3-11: Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance

## Markov hazard modelling for sewer deterioration incorporating the impacts of asset attributes

Kazuo TAKEISHI, Satoshi TSUJI and Osamu FUJIKI

A Markov hazard model which can incorporate the significant impacts of asset attributes, such as diameter or overburden was applied to the CCTV survey data from the database of National Institute of Land and Infrastructure Management. Parameters are identified and estimated by most likelihood method. It turned out that sewer pipe deterioration rate tends to rise with decreasing diameter and overburden. The effectiveness of the modelling was demonstrated by the comparison between soundness level distribution in terms of numbers of data obtained by CCTV survey and that estimated by the Markov hazard model.