

# 目視調査診断による組立人孔の劣化予測

中日本建設コンサルタント(株) 大阪支社 内山 恭志  
 水工技術本部 中根 進

## 1. はじめに

筆者らは、2007年度下水道研究発表会において管きよの劣化曲線をマルコフ連鎖を用いて表現することを示した。今回の報告も住宅団地(HP250~400)ではあるが、組立人孔について目視調査結果から管きよと同様、マルコフ連鎖を用いて劣化状態を表現できるか試みる。

表 - 1 目視調査内容

## 2. 調査内容

築造後、35年程度経過した住宅団地の組立人孔(主として1号人孔)と铸铁製人孔蓋約500基について表-1の調査内容で目視調査を行った。

人孔蓋は、「下水道用マンホールふたの維持管理マニュアル(案)」<sup>1)</sup>により目視調査した。人孔本体調査は手引き等が整備されていないので「維持管理指針」などを参照して調査項目とし、劣化のランクを人孔蓋と同様調査診断した。

	項目	細目
人孔本体調査	インパ ート ステップ 管口 人孔本体 蓋調整	腐食、損傷など
		発錆、脱落
		管口損傷
		斜壁、直壁損傷
人孔蓋調査	蓋	調整リングなど不具合 摩耗、がたつき

表 - 2 人孔の標準的耐用年数と処分制限期間

大分類	中分類	小分類	標準的耐用年数	処分制限期間
管路施設	マンホール	本体(コンクリート製)	50年	20年
		本体(硬質塩ビ製)		
		本体(レジンコンクリート製)		
		鉄蓋(車道部)	15年	7年
		鉄蓋(その他)	30年	15年

表 - 3 診断結果例

表-2に人孔の標準的耐用年数と処分制限期限を示す。これら年数、期限と調査診断した人孔の劣化状態が整合するか対比する。

目視調査した人孔本体、人孔蓋は、調査項目毎に不良ヶ所の個数や内容により不良度合を診断した。この不良度合を劣化のレベル(A、B、C、D)として整理する。

種別	経過年数	人孔深 m	人孔調査項目								総合 評価	
			イン パ ート	ステ ッ プ	上流 管口	下流 管口	斜壁 直壁	躯体	取付 蓋調整	管口		
1号人孔	25	1.353		C								D
1号人孔	25	1.453	C									C
1号人孔	32	1.554		C			C					C
1号人孔	32	1.327	C									D
1号人孔	32	1.664		C				C				D
1号人孔	34	1.713		C							C	D
1号人孔	34	1.812		C							C	D
1号人孔	34	1.864		C			C					D
1号人孔	34	1.906		C		C	B					C
1号人孔	34	1.838		C		C	C					C
1号人孔	34	1.839		C							C	D
1号人孔	34	1.767		C			C	C				C

表-3に人孔本体の診断例の一部を示す。人孔内で「管口」や「斜壁・直壁」など複数ある項目は、その項目毎に不良ヶ所数と損傷具合により点数をつけその大きさにより劣化レベル(A、B、C、D)とする。

人孔1基ごとの総合評価は、各項目につけた点数の集計を4段階に分類し劣化度としてA、B、C、Dと評価した。

## 3. マルコフ連鎖を用いた劣化状態の表現

組立人孔は、二次製品の人孔本体と人孔蓋に分けられるが、人孔本体は、腐食性ガス、通行車両や土圧などの外力、埋設地盤状態などによって劣化が進むと考えられるが、人孔蓋は、路面に露出されるため直接、通行車両による繰り返し荷重やタイヤの摩擦にさらされているので、人孔本体とは劣化速度が異なると考え、人孔本体と人孔蓋を分けて予測する。

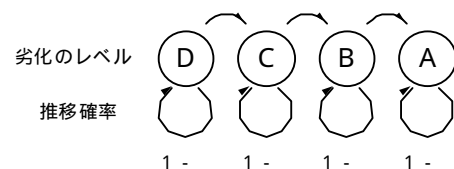


図 - 1 マルコフ連鎖による劣化の概念

マルコフ連鎖の確率<sup>2)</sup>は、単位時間Tを経過すると、ある推移確率で劣化段階(劣化レベルD・C・B・A)が1レベル進行し、残りは確率1-で同じ劣化レベルに留まるといものである。マルコフ連鎖によ

る劣化の概念を図 - 1 に示す。図 - 1 を計算して、各劣化レベルの経年変化を示すと図 - 2 の劣化曲線が得られる。この劣化曲線と診断結果がよく一致するように推移確率 をトライアルで決定する。

診断した劣化レベルの経年変化曲線（劣化予測曲線）は、図 - 1 の4段階の劣化レベルで表現できないこともある。図 - 3 では、劣化レベルを8段階とするが、これを目視調査の診断結果の4段階の劣化度にグループ化してから劣化レベルの経年変化曲線として表現するなどの工夫が必要となる。

劣化レベルの組合せは、劣化レベルをモンテカルロ法を用いてグループ化し、推移確率 を求め、10 回程度の試行で診断結果と計算( 予測 )結果が最もフィットするように決定する。

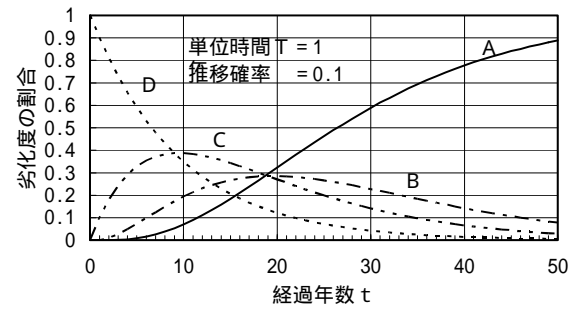


図 - 2 劣化曲線の一例

#### 4. 予測結果

##### 4.1 人孔本体予測結果

今回調査した人孔 1 基当たりの不良ヶ所数に対する不良人孔数を図 - 4 に示す。

図 - 4 で不良人孔数のうち経過年数が 25 年超から 35 年以下の占める割合が大であることが明らかで、不良ヶ所を複数持つ人孔本体は、経過年数の増加とともに多くなる。診断結果より経過年数ごとに人孔の劣化度（A、B、C、D）の割合（劣化度割合）を算出する。劣化度割合予測値と調査値が一致するようにモンテカルロ法で最適なグループと遷移確率 を決定する。図 - 6 にモンテカルロ法で試行している概念を示す。図 - 6 は 8 個の劣化レベルでトライアルした結果の相関値を示し、決定した遷移確率 を用いて、劣化度割合の経過年数による推移（劣化予測曲線）を図 - 7 に示す。

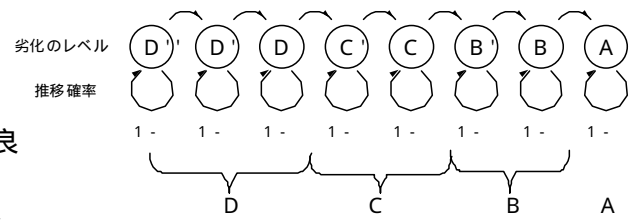


図 - 3 マルコフ連鎖による劣化の概念

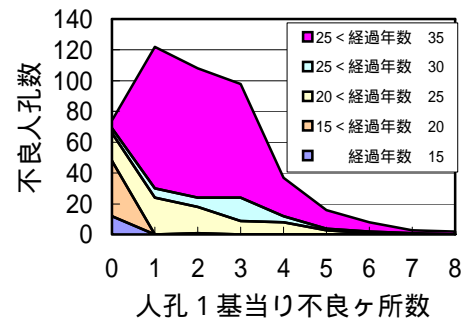


図 - 4 不良ヶ所数別と人孔数

健全度や寿命を図 - 8 a の曲線で示すこともある。

図 - 8 a は、各劣化度について経過年数毎の人孔数の分布（図 - 8 b）からモーメント法で各劣化度の平均経過年数を算出し、平均経過年数と劣化度の関係を（1）式で近似したものである。

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{m}\right)^n} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、m：形状パラメータ  
n：尺度パラメータ

図 - 8 a の曲線は、経過年数の経過とともに健全度が低下することが明確になり劣化を表現しやすく、処理場設備の劣化曲線に利用されている。

図 - 8 a で管きょや人孔の劣化度を示すと、すべての管きょ、人孔が 30 余年経過すると劣化度 A になってしまうと解釈される。

管きょ、人孔には、マルコフ連鎖を用いた図 - 7 で

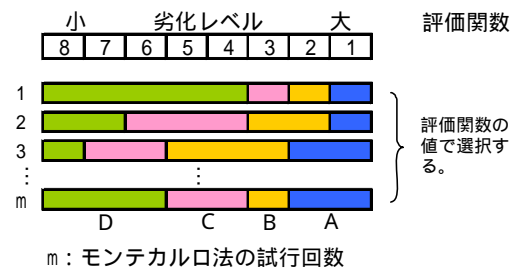


図 - 5 モンテカルロ法

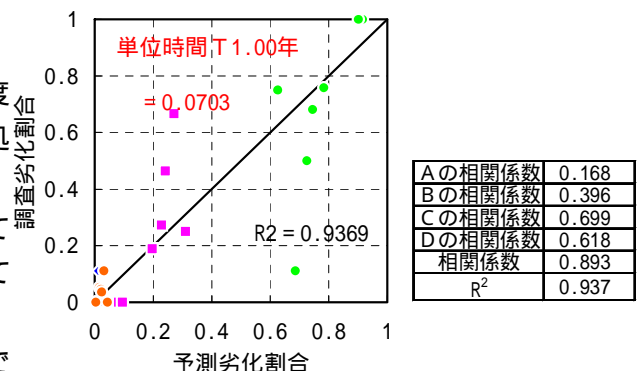


図 - 6 人孔本体予測値と調査値の相関

劣化度割合の推移を示す方が、劣化の進行がないものもあることを示し、改築・修繕計画ですべての管きょ人孔を対象にしないでよいことがわかる。

#### 4.2 人孔蓋予測結果

人孔蓋も調査項目を人孔と同様に、調査項目の診断結果として点数化して、劣化度（A、B、C、D）とし経過年数毎にその割合を算出する。

図-9に人孔蓋の劣化割合予測値と調査診断値の相関を、図-10に劣化予測曲線を示す。

人孔蓋は劣化度Aの割合は、人孔に比べて小さく、また劣化度Aに達する遷移確率も人孔に比べて小さかった。これは、住宅団地で交通量も少なく蓋の損傷が少なかったものと考えられる。

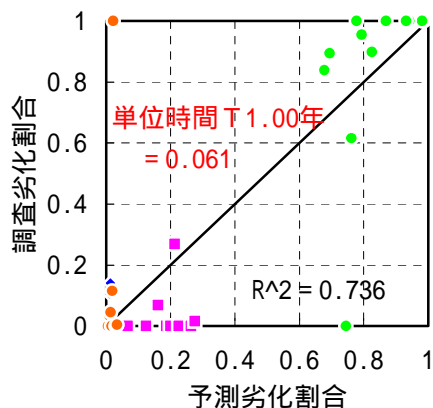


図-9 人孔蓋予測値と調査値の相関

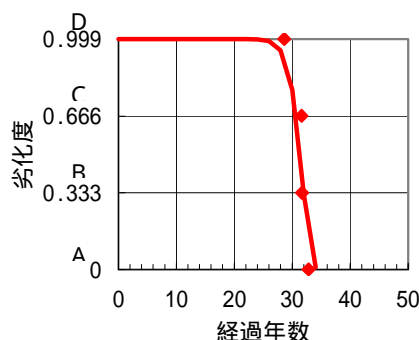


図-8a 人孔本体の劣化度曲線

Aの相関係数	0.845
Bの相関係数	0.256
Cの相関係数	0.247
Dの相関係数	0.451
相関係数	0.858
R^2	0.736

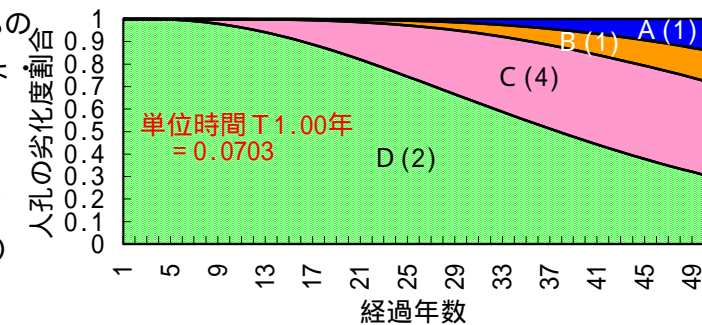


図-7 人孔劣化予測曲線

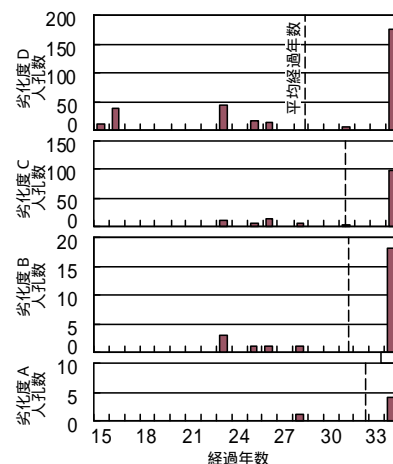


図-8b 各劣化度の人孔数分布

#### 5. まとめと今後の課題

事例として人孔本体、人孔蓋の標準的耐用年数経過時において劣化度Aに達する割合とその基数を表-3に示す。マルコフ連鎖を使って管きょ施設の劣化状態を可視化することにより、各年度で経過年数毎の人孔本体、人孔蓋基数を把握し改築・修繕計画を立案できる。

今回報告の劣化度は、管口損傷など雨天時浸入水に直結する損傷も他の損傷も同じ不良で整理しているので、改築・修繕計画の優先度を決定するものではないことを付記する。

<参考文献> 1) 下水道用マンホールふたの維持管理マニュアル(案) H12年12月(社)日本下水道協会  
 2) テレビカメラ調査診断結果による下水管きょの劣化予測 H19年9月下水道協会誌 中根 進  
 問い合わせ先: 中日本建設コンサルタント(株) 水工技術本部 中根 進 TEL 052-232-6056  
 E-mail [s\\_nakane@nakanihon.co.jp](mailto:s_nakane@nakanihon.co.jp)

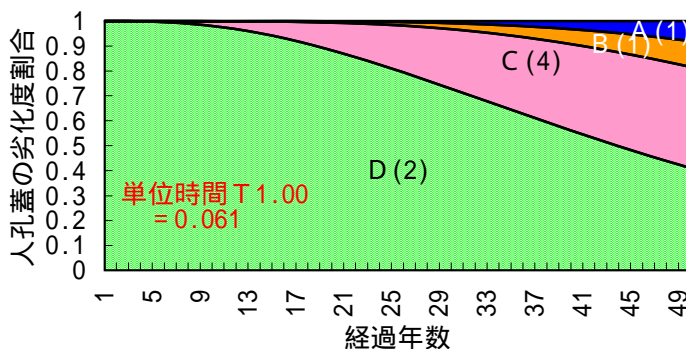


図-10 人孔蓋劣化予測曲線

表-4 耐用年数時劣化度Aの予測

小分類	全体設置基数	標準的耐用年数	劣化度A予測割合	劣化度A予測数
人孔本体	500	50年	0.137	69
鉄蓋(その他)	500	30年	0.008	4