

モデル化による残存模様高さを有するマンホールふた数の推定

中日本建設コンサルタント(株) ○野平 正樹 中根 進

1. はじめに

下水道施設の老朽化による修繕・改築計画を立案する際、施設の状態やその状態の量を把握する必要がある。下水道施設の一部であるマンホールふたの耐用年数は、管体やマンホール本体の耐用年数と比べて短い。下水道管路の中長期の修繕・改築計画に盛り込んでいく必要があると考えている。本文では、日本グラウンドマンホール工業会の持つ全国 54 自治体の約 12,257 基のデータをモデル化して、将来の残存模様高さを有するマンホールふた数を推定し、改築に必要なマンホールふた数を推定する。

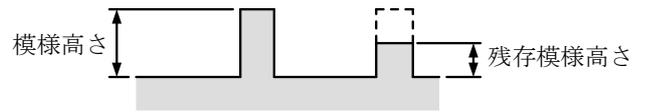


図-1 マンホールふた表面の初期模様高さと同残存模様高さ

2. マンホールふた数の残存模様高さ

マンホールふたは、年数の経過とともに車の走行によりふた表面の摩耗が進み、模様高さが減少する。年数の経過に伴い減少した模様高さを残存模様高さとする(図-1)。

一般に模様高さの初期値は、表-1 程度と言われている。

表-1 マンホールふたの初期模様高さ

荷重仕様	初期模様高さ
T-14	4 mm
T-20, T-25	6 mm

3. マンホールふたの取替え目安

マンホールふたの取替えは、従前よりふたの残存模様高さ、ガタツキ、破損などの劣化程度により総合的に判断して行っているが、本文では、スリップ性能が低下する残存模様高さ 2 mm 以下を目安として、取替えの将来量を予測した。

4. 残存模様高さの経年変化(全国値)

マンホールふたの残存模様高さと同調査時経過年数について過去に調査したデータの蓄積がある。マンホールふたの経過年数に対する残存模様高さの調査値を図-2 に示す。年数が経過するにしたがい、残存模様高さは減少する傾向にある。

図-2 の調査データは、「経過年数が標準耐用年数を超えてきたので、重要な幹線道路に設置したマンホールふたを調査した」、「この地区のマンホールふたは内面腐食が激しいので調査した」などの恣意性が含まれ、必ずしも「統計」でいうランダムな標本と言えない。しかし、経過年数とともに残存模様高さが減少している様子が伺えることや、模様高さの減少していないマンホールふたも散見されることから、標本から母集団の特徴、特性が読み取れるランダムにとられたデータと考える。

代表的な経過年数に対する残存模様高さのヒストグラムを作成し、図-3 に示す。経過年数 0 年、10 年、15 年、30 年

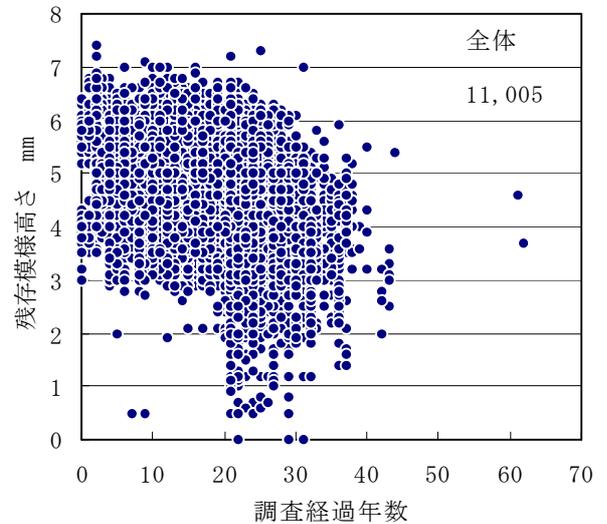


図-2 調査時経過年数と同残存模様高さの関係

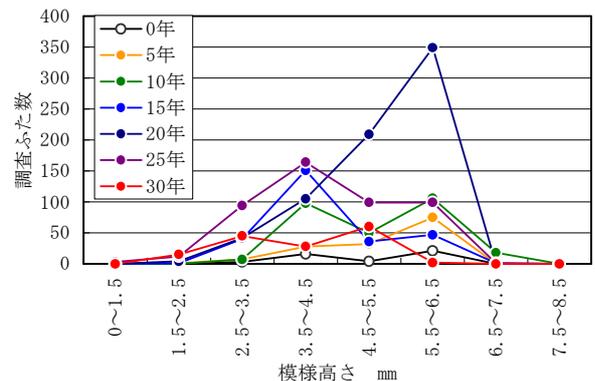


図-3 経過年数毎の残存模様高さの分布

については、ふた数のピークが4mmと6mmに2箇所にある。これはデータの中に荷重仕様T-14やT-20, 25など初期模様高さの異なるふたが含まれるためである。経過年数が小さい場合は、一様に分布しているように見られるが、多くには分布に二つの山が見られる。経過年数が大きくなると残存模様高さの山が小さい方(4mm)の数が多くなってきている。

5. 残存模様高さ推定データの生成(抽出)手法

5.1 調査データのモデル化

全国調査値の調査時経過年数に対する残存模様高さは、幅広く分布しているため、回帰式に当てはめても寄与率 R^2 が小さい。多変量解析などを行い経過年数以外の残存模様高さに及ぼす要因(説明変数)を探ることが必要である。しかし、設置環境など要因データがないため、ここでは経過年数に対する残存模様高さのバラツキをそのままモデル化して、このモデルから自治体の持つマンホールふたの将来の残存模様高さを推定する。

残存模様高さの上限と下限の範囲を目測で図-2中に包絡線を引き、図-4に示す。その包絡線を今回は下式で表し、その式のパラメータを設定する。経過年数による模様高さの最頻値についても図-3のヒストグラムを見ながら、図中に描くなどして、その線の式のパラメータを設定する。

上限値：模様高さ $y = 7.4 - 0.00002 \cdot x^{2.91}$ 最頻値：模様高さ $y = 5.09 - 0.00002 \cdot x^{2.91}$

下限値：模様高さ $y = 3.0 - 0.0009 \cdot x^{2.55}$ ここに、 x ：調査時経過年数

これら模様高さの上限と下限の範囲を式で表すことにより、この範囲のなかに種々の模様高さを有するマンホールふたがあるというモデルを作成する。図-3の残存模様高さの分布を三角分布に見立ててモデル化する。

図-5に三角分布を示す。三角形が確率密度であり、下式で表す。

$$a \leq x < b : f(x) = \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} \quad F(x) = \frac{(x-a)^2}{(b-a)(c-a)}$$

$$b \leq x < c : f(x) = \frac{2(c-x)}{(c-a)(c-b)} \quad F(x) = 1 - \frac{(c-x)^2}{(c-a)(c-b)}$$

$$a = b = c : f(x) = 1$$

ここに、 a ：最小値、 b ：最頻値、 c ：最大値
残存模様高さの分布の二つの山の間に分布の最頻値があるものとし、三角分布で考える。三角分布の累積確率 F 曲線と確率密度 f を図-5に示す。逆関数法¹⁾により三角分布の累積確率 F の曲線から推定用のデータを生成する。これは一様乱数 r を累積確率 F と対応させ、この F に対応する残存模様高さを生成する。

5.2 残存模様高さ推定データの生成

(1) 残存模様高さの推定

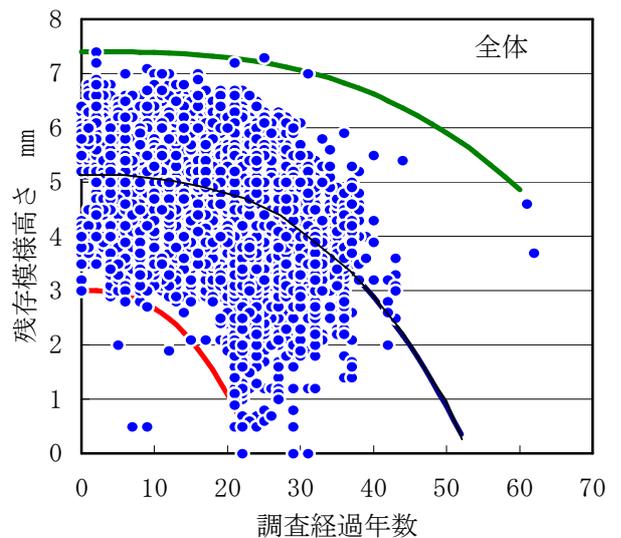


図-4 調査データのモデル化

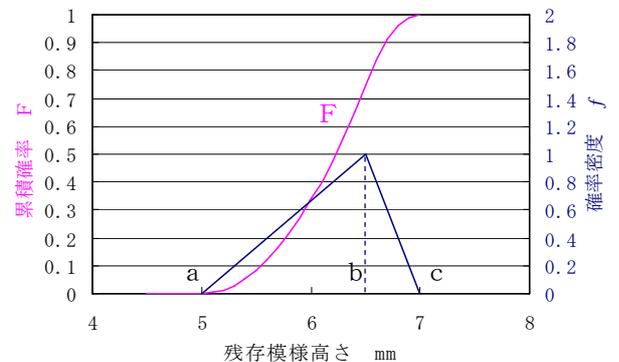


図-5 残存模様高さの三角分布

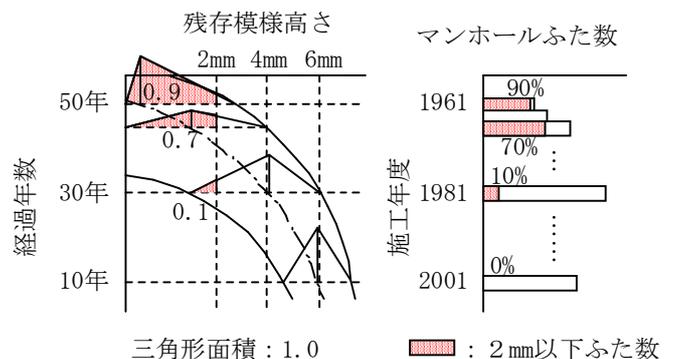


図-6 残存模様高さ毎のふたの数算出の概念図

残存模様高さが2mm以下のふた数を推定する例を説明する。ある経過年数の設置数分の乱数を発生させて生成したふた数分布が図-6の中に示す三角形分布となる。生成した2mm以下のふた数を計算すると三角形の着色部分となる。三角形の面積1と着色部の面積の比は、ある経過年数に設置されているマンホール数に対する残存模様高さ2mm以下のマンホール数の割合となる。

(2) 乱数による残存模様高さの生成

経過年数に対して推定した残存模様高さを有するマンホール数の信頼区間を示す場合には、残存模様高さの上限と下限の範囲にふたの設置数が三角分布していることから、ある年度の設置数分乱数を発生させ、残存模様高さを生成する。この残存模様高さから信頼区間を算出する。

6. マンホールふた残存模様高さ設置数の内訳推定事例

施工年度別に設置されたふた数の例を図-7に示す。図-7のマンホールふたの総数は、328,017基となっている。

現在年度を2011年とし、施工年度との差を経過年数として、施工年度ごとに残存模様高さをもつふた数を推定し、一例として将来年度2016年の模様高さの内訳をあわせて図-7に示す。

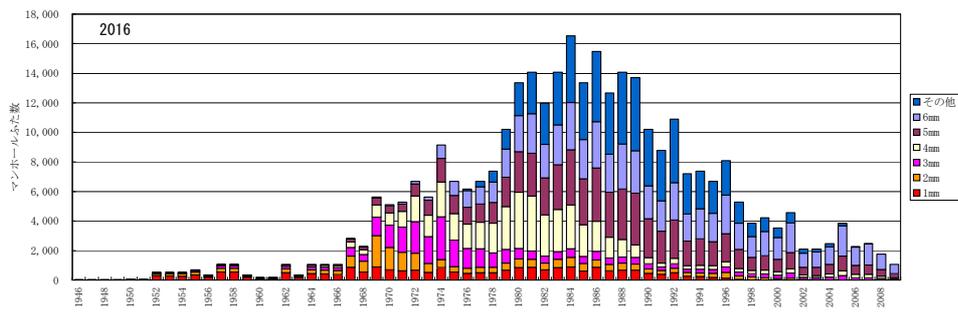


図-7 2016年度の残存模様高さ別のふた数の推定

このように将来年度に対し

て推定した残存模様高さ2mm以下のマンホールふた数の累計値と全体ふた数に対する割合図-8に示す。

7. まとめと課題

マンホールふたの改築は、残存模様高さのみならず、ガタツキ、破損などの劣化程度により総合的に判断して実施される。これら要因の発現時期の早いのが残存模様高さであれば、残存模様高さを調査することにより将来の改築量の推定が可能となる。

今回、マンホールふたの中長期改築計画に計上する財源などのシナリオ作りに利用する推定データを全国調査データからサンプリングすることにより生成することができた。

サンプリングの元になった全国調査データは、T-14とT-20,25の区別ができ、モデル化できることから、各自治体で施工年度別にマンホールふた数が明らかになっているようなら、T-14とT-20,25と分けて解析することが望ましい。

最後になりましたが、貴重なデータの提供を頂いた日本グラウンドマンホール工業会に深く感謝申し上げます。

<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) 平成12年12月 (社)日本下水道協会

【問い合わせ先】 中日本建設コンサルタント株式会社 水工技術本部 中根 進 TEL052-232-6055 E-mail s_nakane@nakanihon.co.jp

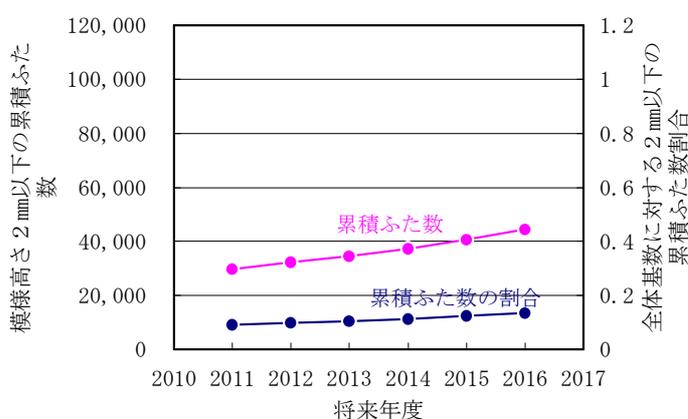


図-8 年度別残存模様高さ2mm以下の累積ふた数の全体に対する割合の推移