

マルコフ連鎖を用いた管きよ修繕・改築量の推計

中日本建設コンサルタント（株） 水工技術本部 ○田巻 拓郎
水工技術本部 中根 進

1. はじめに

管きよの布設実績と調査診断結果を利用して中期・長期の修繕量や改築量を推計する手法を紹介する。調査診断結果からマルコフ連鎖を用いて推移確率 χ と劣化度曲線を推定し、その遷移確率 χ から修繕量や改築量を推計する。

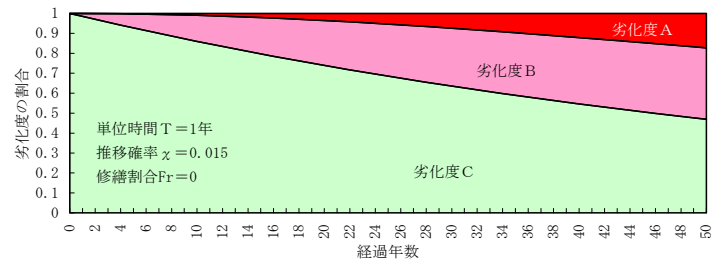


図-1 マルコフ連鎖を用いた合流式管きよの劣化曲線

2. マルコフ連鎖を用いた管きよの劣化曲線

国土技術政策総合研究所 宮内らが調査した公共下水道（合流の HP 管）の劣化調査結果¹⁾をもとに、筆者がマルコフ連鎖で解析した劣化度割合の推移²⁾（A判定：緊急な処置を要する劣化、B判定：数年以内に処置を要する劣化、C判定）を図-1に示す。

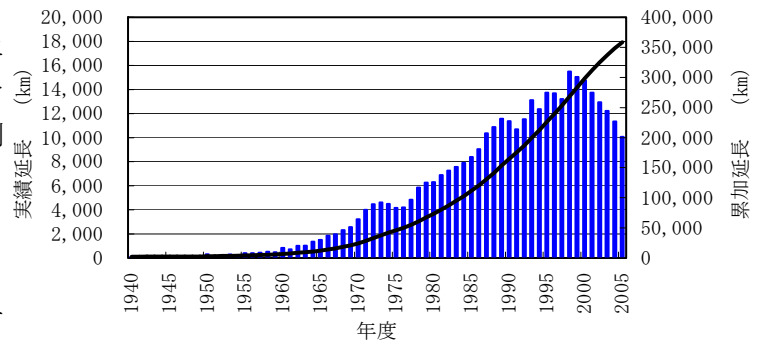


図-2 管きよ布設実績(全国)

文献²⁾に示す管きよの実績布設延長（全国データ）を一例（図-2）とし、図-1の合流式 HP 管のマルコフ連鎖解析結果（推移確率 $\chi = 0.015$ ）を使い、全国管きよの劣化状態を推定する。図-2は、HP 管だけの延長ではないので、以下の報告は、推計手法を示すもので、実際の管きよの劣化状態を表すものではない。図-1は、経過年数による劣化度の割合の推移を示し、各建設年度の布設延長にこの劣化度割合を掛けて、経過年数毎の A、B、C 劣化度延長を算定する。

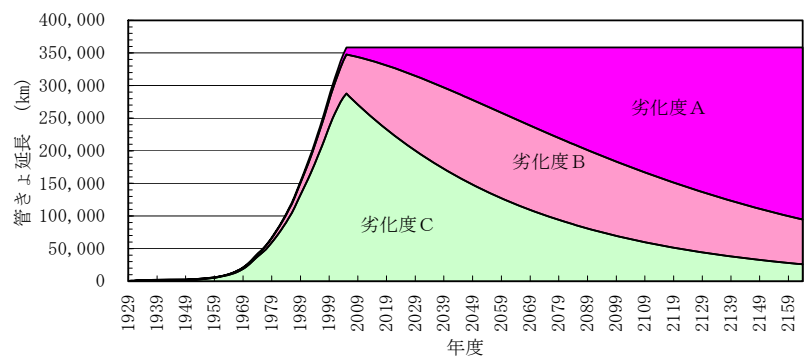


図-3 劣化を放置することによる劣化状態の推移（全国）

各年度で各建設年度の A、B、C 劣化度延長を集計することにより、年度毎の劣化度延長が算定できる。その結果を図-3（劣化状態推移図）に示す。図-3は、劣化を放置することによって現れる劣化状態を示し、適切な維持管理を行うことによって劣化の進行を止める必要がある。

3. 修繕量と改築量の推計

3.1 修繕を考慮しない改築量の推計

劣化度表現のうち劣化度 A を改築の対象とし、劣化度 A をすべて改築していくと考えて、改築量を推計する。その概念図を図-4に示す。図中の χ は推移確率を表す。

図-4は、便宜上推計開始年度（t 年度）から改築を開始することを前提に、t 年度以降発生してくる劣化度 A を改築するものとし、過年度分の改築は含まない場合の推計法である。改築した管きよは、標準的な

耐用年数を有するものとし、新設管きよとして扱う。また改築管きよは、既設管きよと同様に改築後、劣化が始まるものとする。このような前提で、 t 年度（本報告では2006年度）以降に発生する劣化度Aを順次改築するものとする図-5を得る。新規整備（2006年度以降）管きよの劣化を含まず過年度整備した管きよの改築量のみを示す。2100年度までの推計では、改築延長は漸増している。中・長期の年数のスパンが長いので、資金計画には、新規整備（2006年度以降整備）する管きよの改築も考慮する必要がある。

3.2 修繕を考慮した改築量

マルコフ連鎖を用いた劣化度は、修繕量や改築量を推計することができる。

図-5の改築量は、維持管理をしない場合に毎年あらたに発生する劣化度Aの延長であり、これが改築量となっている。長寿命化支援制度化では、予防保全的な管理が前提となるので、適切な修繕を行うことになる。したがって、図-5のような改築延長にはならないことが予想される。修繕量は、テレビカメラ調査結果より算出し、修繕することによって劣化度Aに上がる管きよ延長を減少させ、修繕効果による改築量を推計する。

修繕量は、TVカメラ調査結果から、劣化度Bランクの管きよの損傷の一部を修繕するものとして算出する。修繕することにより、損傷箇所が一部なくなるので、調査結果を再診断（仮想診断）し劣化度ランクを見直す。再診断の結果よりB判定の管きよが、C判定に下がるか、B判定に留まる結果が得られる。B判定からC判定に下がる割合を Fr とすると、 Fr がB判定の修繕割合である。図-6にマルコフ連鎖による修繕を考慮した劣化度の推移の模式図を示す。劣化度は4段階で示しているが、解析は文献値¹⁾の3段階としている。

修繕量が多く、予算上、B判定のすべてを補修することができない場合についても修繕割合 Fr を仮定することにより毎年の改築量を推計することが可能である。

建設年毎の管きよについて、図-7で修繕量と改築量を計算して、将来の年度ごとに集計すれば年度ごとの修繕量と改築量となる。また、このマルコフ連鎖を用いた劣化度の表現を使って計画的に修繕することにより改築する必要のある劣化度Aの割合が減少していくことを示すことができる。

劣化度Bの修繕割合 Fr を再診断結果ではなく、仮定した修繕割合 Fr を用いた改築量の変化を図-8に示

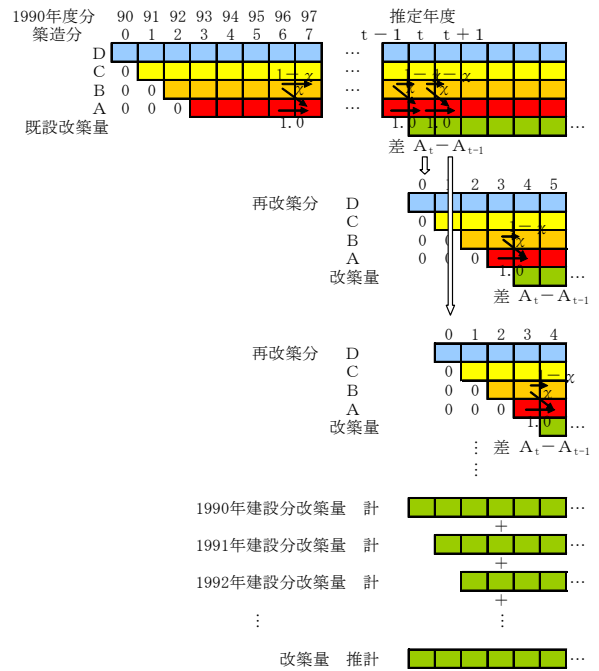


図-4 マルコフ連鎖による改築量の推計

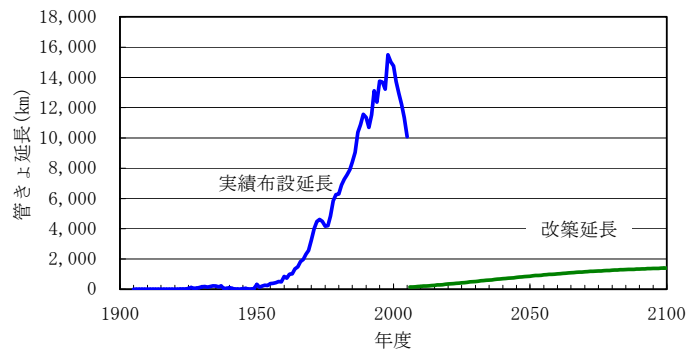


図-5 推計改築延長の推移（全国）

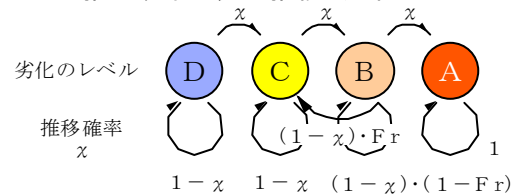


図-6 マルコフ連鎖による修繕の概念

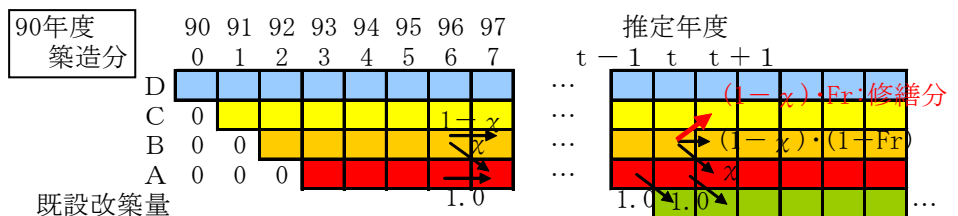


図-7 修繕を考慮した劣化度の計算方法

す。その結果、修繕なしの改築量に対して修繕することによる改築量の減少が図-8のように表現できる。ただし、図-8は過年度分の劣化度Aは改築していない。また修繕は毎年凡例に示す同じ割合で修繕している。

中・長期計画を立案するために修繕量を算出し、修繕量と改築量の関係を図-9に示す。

事業費を以下のように算出し、

- a. 修繕なし事業費 (改築量×改築単価)
- b. 修繕を考慮した事業費 (改築量×改築単価+修繕量×修繕単価)

を比較することにより効率的な修繕・改築が提案できる。

図-10に改築単価と修繕単価を仮定し、事業費を算出する。これら管きよの修繕、改築費用と、処理場等の改築、新規の面整備事業など事業費を含めて事業費の平準化検討などに利用する。

4. まとめ

今回報告する修繕量や改築量の推計は、大都市の目視調査やTVカメラ調査の結果からマルコフ連鎖を使って劣化状態を定量化したものを使っている。

B判定の劣化度の管きよを修繕し、修繕時の調査結果を再診断(仮想診断)し、B判定に留まるスパンやC判定に下がるスパンを明らかにし、劣化度Bから劣化度Cになる割合(劣化度Bの修繕割合)を算出し、この修繕割合を使うことにより、劣化度A(改築)の量を減らすことができることを示した。これは予防保全的な維持管理をしていただく際の数値的根拠となるものと考えている。

今回の手法は、修繕した管きよも、しない管きよも調査時点の推移確率 χ で劣化が進行するものと仮定したもので、今後の調査データの積み重ねにより、詳細な推移確率 χ を得る努力をします。

<参考文献> 1) 全国事業量等に関するアセットマネジメント導入検討調査 国土技術政策総合研究所 藤生和也 他

2) 下水道管渠の診断結果から見た劣化発見率と劣化原因率 国土技術政策総合研究所 宮内 千里 第43回下水道研究発表会講演集

3) テレビカメラ調査診断結果による下水道管きよの劣化予測 中日本建設コンサルタント(株) 中根 進

問合わせ先: 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

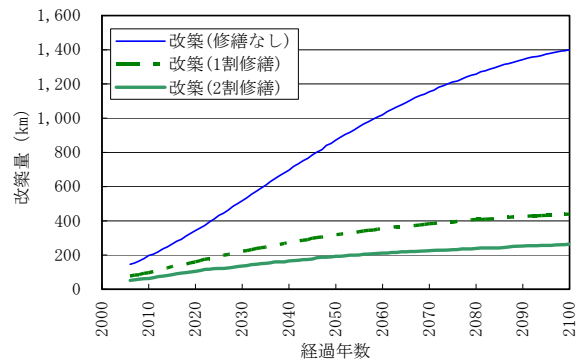


図-8 修繕を考慮した改築量の推計

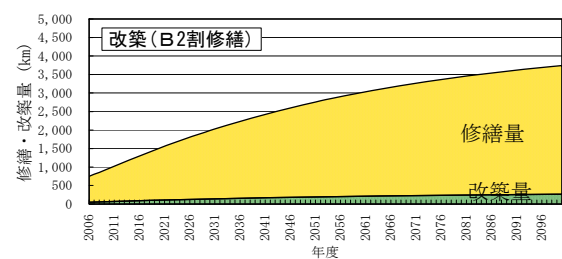
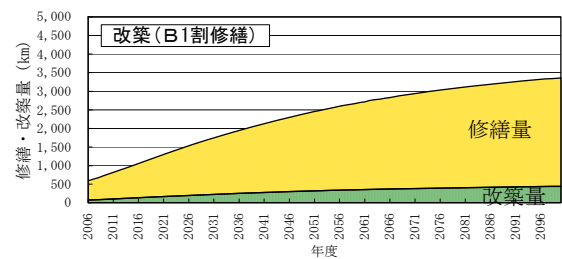
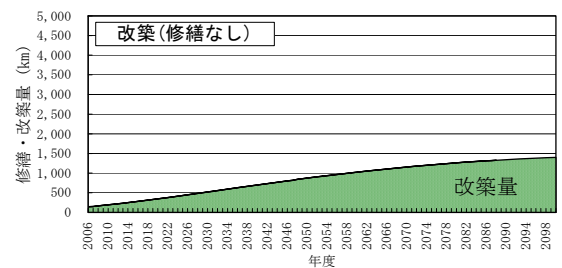


図-9 修繕と改築量の推計

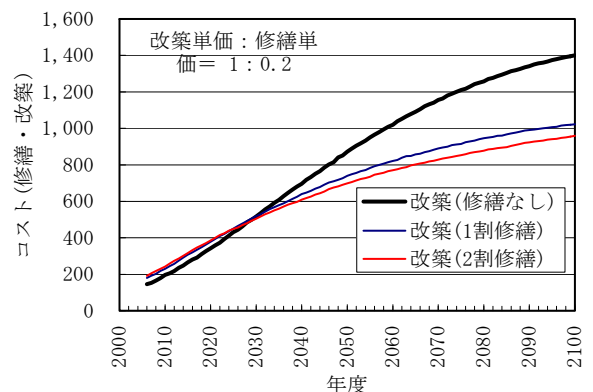


図-10 修繕と改築費用の例