

AIによる污水管きよの常時浸入水に及ぼす 影響要因の分析

中日本建設コンサルタント株式会社 ○谷川 雄哉 中根 進

1 はじめに

管きよのTVカメラ調査による「浸入水」は、地下水面以深の管きよの破損、クラック、継手ずれなどからの噴出、浸み出している現象であり、常時浸入水を表している。

国総研の管渠劣化DB Ver. 2(以下DBという)にある「浸入水」に対し、本稿ではコンクリート管について管きよの諸元(管種, 管径, 路線延長, 取付管本数, 経過年数, 土被り)との関係をAI学習を使って分析することにより、管きよのどのような諸元が浸入水の要因になっているか推定する。

2 国総研 DB Ver. 2 の浸入水関連項目の概要

2.1 浸入水関連項目の概要¹⁾

浸入水に関連する項目として次に示す諸元がある。分析に使用した管きよの諸元は、データベースに記載されている諸元の単位を考慮して、数値の不自然なものを除外して下記に示す範囲のスパンを抽出した。諸元別のスパン数の分布を図 2.1～図 2.5 に示す。各諸元ともスパン数に偏りがある。

管種 : コンクリート管
管径 : 200～1000 mm
路線延長 : 2.12～107.14 m
取付管本数 : 0～20 本
経過年数 : 2～42 年
土被り : 0.1～9.8 m

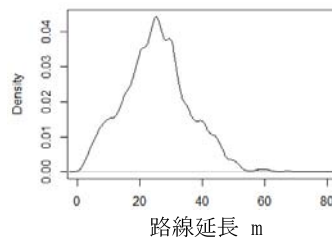


図 2.1 路線延長のスパン数分布

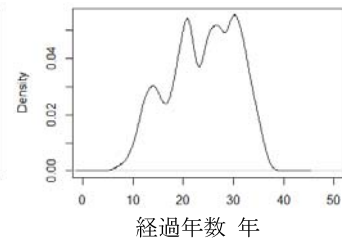


図 2.2 経過年数のスパン数分布

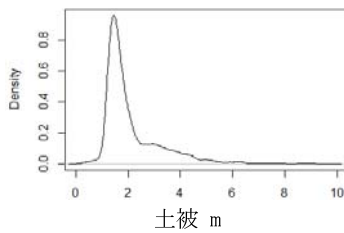


図 2.3 土被のスパン数分布

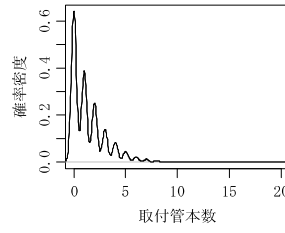


図 2.4 取付管本数のスパ
ン数分布

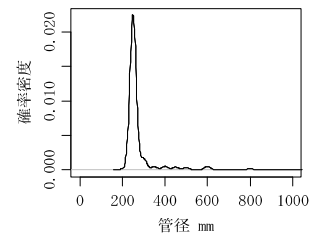


図 2.5 管径のスパン数分布

2.2 浸入水の評価

浸入水のランクを判定する診断項目は、表 2.1 に示す浸入水_a、浸入水_b、浸入水_c となっており、DB にはスパン中に含まれているその状態の個数が記載されている。したがって、スパン中には浸入水_a、浸入水_b、浸入水_c の状態の個数が複数ある。

表 2.1 浸入水の調査判定基準(鉄筋コンクリート管および陶管)

	ランク	a	b	c
管1本ごとに評価	6) 浸入水	吹き出ている	流れている	にじんでいる

表 2.2 不良発生率による全体のランク付けと判定基準

	ランク	判定の基準(不良発生率)
スパン全体での評価	A	「a ランク20%以上」もしくは「a ランク+b ランク40%以上」
	B	「a ランク20%未満」もしくは「a ランク+b ランク40%未満」もしくは「a ランク+b ランク+c ランク60%以上」
	C	「a ランク, b ランクがなく, c ランク60%未満」

管きよの診断劣化では、浸入水を含む複数項目の異状個数の割合(不

良発生率)を計算し、表 2.2 の基準でスパン全体を評価している。

ここでは、浸入水についてのみ表 2.2 の割合を使ってスパンごとに浸入水_A、浸入水_B、浸入水_C のランクを付けた。浸入水_a、b、c のない場合を浸入水_D とした。

3. AI 学習によるコンクリート管の常時浸入水要因の分析

スパンごとの浸入水ランクを目的変数とし、前述、管きよの諸元を説明変数とし AI 学習により常時浸入水の要因となっている説明変数を推定する。AI 学習にはニューラルネットワーク、ランダムフォレストを使った。学習結果は、学習による推定結果と DB の調査診断結果を比較することによって的中率で示す。

ニューラルネットワークでの学習結果(表 3.1 中の推定結果スパン数)は、DB の調査診断結果と異なっており、一致、不一致の的中率として表わすと全体では 84.5% であるが、浸入水ランク A、B、C の的中率は 1% 程度であった。ランダムフォレストの学習結果は、以降に示すが、ニューラルネットワークより良好な結果を得たため、AI 学習方法としてランダムフォレストを使用した。

表 3.1 浸入水の診断結果とニューラルネットワーク推定結果(コンクリート管)

コンクリート管	推定結果 スパン数	②DB診断 結果	①推定結 果	的中率 ①/②
浸入水A	0	15	0	0.000
浸入水B	6	363	4	0.011
浸入水C	7	315	5	0.016
浸入水D	4427	3747	3744	0.999
計	4440	4440	3753	0.845

4. ランダムフォレストによる常時浸入水要因の分析

4.1 コンクリート管諸元のカテゴリ別スパン数

コンクリート管諸元の内訳は、前掲図 2.1～図 2.5 に示すようにスパン数に大きな偏りがある。管きよの諸元を表 4.1 のようにスパン数なるべく平準になるようにその内訳を分け、カテゴリ値としてランダムフォレストにより浸入水ランクの推定を行う。

表 4.1 コンクリート管諸元のカテゴリ別スパン数

経過年数		路線延長		管径		取付管本数		上被	
年	スパン数	m	スパン数	mm	スパン数	本	スパン数	m	スパン数
～15	737	～16	812	～200	24	～0	1821	～1.2	375
～20	709	～22	757	～250	3659	～1	1086	～1.5	1278
～23	747	～26	769	～800	749	～3	1060	～2	1272
～25	485	～30	626	800～	8	～6	410	～3	699
～28	665	～36	740			～8	51	～5	669
～30	549	37～	736			9～	12	5～	147
～40	548								
計	4440	計	4440	計	4440	計	4440	計	4440

ランダムフォレストによる浸入水ランクの分類推定結果は表 4.2 となる。

TVカメラ調査診断結果で浸入水Aと判定されたスパン数は14であり、学習による推定では、浸入水Aと推定したスパン数が0であり、誤って全部、浸入水Dと推定し、浸入水Aの的中率は0%であった。

表 4.2 浸入水診断結果の推定分類と的中率

	浸入水A	浸入水B	浸入水C	浸入水D
浸入水A	0	0	0	0
浸入水B	0	54	0	0
浸入水C	0	0	63	0
浸入水D	14	307	249	3753
計	14	361	312	3753
的中率	0.000	0.150	0.202	1.000

浸入水Bは、361スパン中54スパンしか推定しておらず、的中率は15.0%しかない。同様に浸入水Cは、312スパン中63スパンでの的中率は20.2%しかない。

浸入水Dは、100%の的中率であるが、浸入水A、浸入水B、浸入水Cの要因を見出すことが目的であり、このような分析結果では浸入水の要因を見つけることはできない。浸入水A、浸入水B、浸入水Cの的中率の悪い理由として、浸入水A(14スパン)、浸入水B(361スパン)、浸入水C(312スパン)とデータ数が少なく、浸入水D(健全3753スパン)が圧倒的に多く、データ数の偏り、不均衡が推定精度の低下の原因と考えられる。

ランダムフォレスト法は、ランダムにデータを抽出し、決定木を作り、説明変数を絞り込んでいくので、不均衡の問題はないと思われたが、データ数を補正して解析することとした。

4.2 クラスタによるデータ数補正

アンダーサンプリングと云われる浸入水Dをその他のランクのスパン数程度減らす方法によりデータ数を補正する。

階層的クラスタ分析という、スパンの類似度(距離)に基づいて、最も似ているスパンを集めてクラスタ

一(木：グループ)を作る手法がある。

浸入水Dの管きょ諸元(管種、管径、路線延長、取付管本数、経過年数、土被り)に何らかの類似性(距離)があるかを調べ、類似性のある10のクラスター(グループ)に分ける。

本稿ではk平均法(k-means)というアルゴリズムを使い、クラスターの平均値からk個(=10)のクラスター数に分類した。クラスターに分類したスパン数を表4.3(中列)に示す。次に10個に分けた浸入水Dのクラスター(グループ)から、浸入水B(361スパン)と浸入水C(312スパン)と同程度数(345スパン)を各クラスター(グループ)のスパンから均等に抽出するものとして比例配分して抽出数を設定する。クラスター(グループ)ごとに一樣乱数を発生させて、設定スパン数を抽出した(表4.3(右列))。

4.3 データ数補正後のカテゴリ別分析結果

データ数補正後のランダムフォレストによる分析結果を表4.4に示す。

「浸入水A」が14スパンあるにもかかわらず「浸入水B」を1スパン、「浸入水C」を1スパン、「浸入水D」を2スパンと誤って推定分類してしまっている。しかしながら、「浸入水D」のデータ数を減らしたことにより前掲表4.2に示す推定分類的中率より大幅に向上し、「浸入水A」「浸入水B」「浸入水C」を的中させることができた。

この分析結果による常時浸入水に影響を与える要因(管きょ諸元)のカテゴリ別の重みを図4.1に示す。

重みの大きい順に常時浸入水に影響を与えている。路線延長が最も浸入水に影響を与えており経過年数や取付管本数は路線延長に比べて影響が小さい結果となった。

5. おわりに

データ数をアンダーサンプリング法で調整することにより、ランダムフォレスト学習によって常時浸入水に影響を与える要因(管きょ諸元)を推定した。

【参考文献】

1) 国土技術政策総合研究所：管渠劣化データベース Ver. 2

<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html>

【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 TEL052-232-6055 E-mail s_nakane@nakanihon.co.jp

表4.3 浸入水Dのクラスター(グループ)別抽出スパン数

クラスター(グループ)	浸入水Dのスパン数	浸入水Dの抽出スパン数
1	632	58
2	284	26
3	44	4
4	709	65
5	358	33
6	395	36
7	117	11
8	330	30
9	671	63
10	212	19
計	3753	345

表4.4 浸入水診断結果の推定分類との中率

	浸入水A	浸入水B	浸入水C	浸入水D
浸入水A	10	0	0	0
浸入水B	1	353	25	15
浸入水C	1	1	275	1
浸入水D	2	7	12	329
計	14	361	312	345
的中率	0.714	0.978	0.881	0.954



図4.1 常時浸入水影響要因のカテゴリごとの重み