

統計データに基づく鑄鉄製管の寿命予測法の検討と

海成粘土層が周辺土壌に及ぼす影響の評価

○川勝 智(クボタ)

滝沢 智(東京大学大学院)

1. はじめに

新水道ビジョンでは水道施設の維持のため、中長期的な視点に立った老朽化した水道資産の更新が求められている。導・送・配水管の中でも58.8%を占める鑄鉄管およびダクタイル鉄管(以下、管)に対しても、鉄部寿命として老朽化に伴う寿命予測が行われてきた[1]。従来の寿命予測では、回帰式を仮定して、埋設環境から腐食深さ平均(≒50%)値を予測した。しかし、1. 更新計画を立てる上では、管の50%ではなく、それよりも小さい割合が腐食貫通する時期が重要となる、2. 使用した回帰式は埋設期間18年まででの実証であり[2]、それ以上の期間でも回帰式を適用できるかの検討は十分ではなかったなどの問題があった。そこで、予測をする上で式の仮定が不要で、ばらつき範囲を示すことができるBootstrap法を用いて、埋設期間に対する腐食深さの確率分布を推定した。

本研究では、まず①土壌の腐食性を埋設環境によって分類した。次に、②埋設環境ごとにBootstrap法を用いて腐食深さの確率分布を推定した。さらに、③腐食深さばらつきの原因の一つとして腐食性の高い海成粘土が周辺土壌の腐食性に与える影響を評価した。

2. 活用データ

本研究では鑄鉄管およびダクタイル鉄管を対象とし、全国297の市と47の町から収集した6332件の管(住所、埋設期間、腐食深さなど)と埋設環境(土質、土壌比抵抗など)の調査データを活用した。

3. 結果と考察

(1) 土質と土壌比抵抗による埋設環境の分類

土壌腐食に主要な因子として土質が挙げられる。表1に土質大分類と腐食速度、データ数を示す。土壌の工学的分類法(JGS 0051)を参考に小分類し、寿命予測に適した土質大分類を設定し、統合した。

- ① 土質大分類間で腐食速度に差が認められた(Kruskal-Wallis検定, $p < 0.05$)。
- ② 砂系、シルト系、粘土系の調査データで全体の88%を占めた。調査データ数の多い3つの土質大分類に絞って解析することで、腐食深さによる寿命予測を効率的に進めることが可能と考えた。

表1の砂系、シルト系、粘土系に対して、ANSI評価点の基準を参考に、土壌比抵抗1500 $\Omega \cdot \text{cm}$ 以上または未満の水準を追加した。図1に埋設環境ごとの腐食速度を示す。なお、土壌比抵抗1500 $\Omega \cdot \text{cm}$ 未満の砂系、シルト系、粘土系の腐食速度は差が小さかったため統合した。この4つの分類によって腐食深さ中央値には差が認められた(Kruskal-Wallis検定, $p < 0.05$)。以後この4分類を埋設環境分類とした。

表1 土質大分類と腐食速度、データ数

土質大分類	土質小分類、定義など	腐食速度中央値 (mm/年)	調査データ数	割合
砂系	砂、礫、砂(レキ混じり) など	0.06	1518	24%
シルト系	シルト、シルト(砂混じり)など	0.06	1886	30%
粘土系	粘土、粘土(砂混じり)など	0.11	2182	34%
ガラ混じり	鉱さいや石炭ガラが混じりなど	0.16	86	1%
海成粘土	粘土系かつ土壌比抵抗1500 $\Omega \cdot \text{cm}$ 未満かつ土壌を強制酸化させたときの $\text{pH} < 3.0$	0.23	418	7%
その他	有機土(腐植土、泥炭)など	0.08	242	4%
全国データ	-	0.08	6332	100%

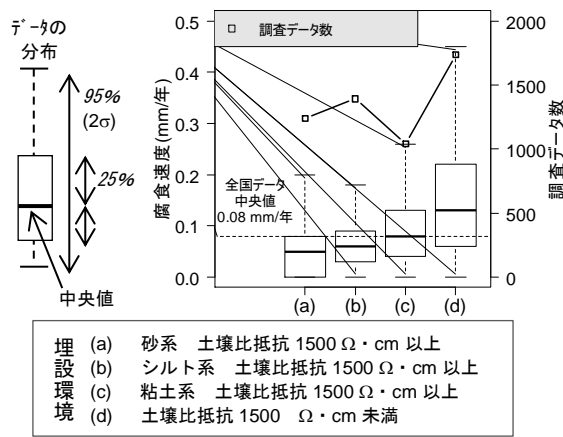


図1 土質大分類と土壌比抵抗分類に基づく埋設環境ごとの腐食速度

統計データに基づく鋳鉄製管の寿命予測法の検討と 海成粘土層が周辺土壌に及ぼす影響の評価

(2) Bootstrap 法を用いた腐食深さ確率分布推定

図2に Bootstrap 法を用いた埋設環境(a)、(b)、(c)の埋設期間と腐食深さの関係を示す。腐食深さのばらつきとして、腐食深さ中央値、上位 20%値、上位 5%値を示した。また、それぞれの 95%信頼範囲も示した。

- ① 同じ埋設環境でも、腐食深さ中央値と上位 5%値では、埋設環境(a)で 2mm 程度、埋設環境(c)で 4mm 程度の差があり、同じ埋設環境でも腐食速度に差はあるが、その差をよく表現できた。
- ② 腐食深さ上位 5%値が小口径管の平均管厚である 6mm に達するのは埋設環境(a)で 45 年以上、(b)約 40 年、(c)で約 30 年と推定された。

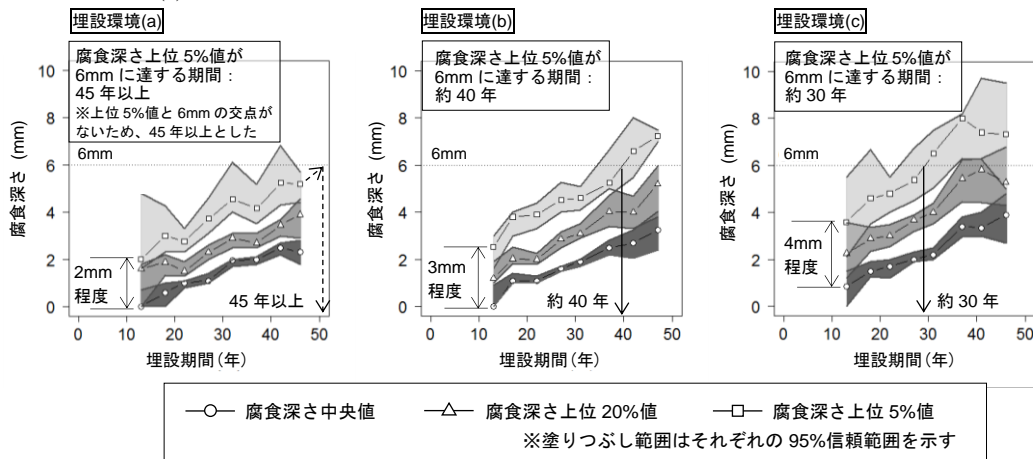


図2 Bootstrap 法を用いた埋設環境(a)、(b)、(c)の埋設期間と腐食深さの関係

(3) 海成粘土が周辺土壌に及ぼす腐食性の影響

同じ埋設環境でも腐食速度がばらつく原因として、表1で腐食性が高かった海成粘土からの距離に対する腐食性の影響を考えた。一例として、図3に埋設環境(c)における海成粘土からの距離に対する腐食速度の変化を示す。

- ① 海成粘土からの距離が離れるに従い、腐食速度が低下する傾向が認められた。
- ② 海成粘土と同住所 (A)と 500m 以上離れた(D、E)では、腐食速度に差が認められた。一方で、500m 以内 (B、C)では、差が認められなかった (Steel-Dwass 検定、 $p < 0.05$)。海成粘土の周辺は硫酸イオン量が多いなどの複数因子の影響を受け、腐食性が高くなったと考えられる。

他の複数の埋設環境でも同様の傾向が認められたことから、同じ埋設環境でも、海成粘土に隣接することで腐食性が高まるため、周辺環境も含めた調査と解析が重要であることが分かった。

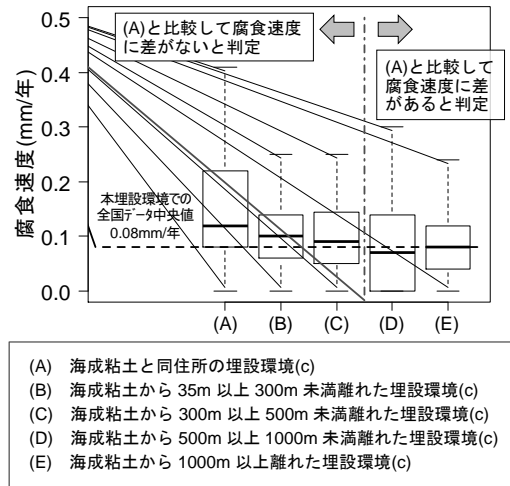


図3 埋設環境(c)における海成粘土からの距離に対する腐食速度

4. おわりに

埋設環境と腐食深さの調査データを使用し、Bootstrap 法を用いて、腐食深さの確率分布を推定した。また、腐食性が高い海成粘土が周辺土壌に及ぼす影響を明らかにできた。今後、これらの知見を活用して、鋳鉄管およびダクタイル鉄管の管路更新ツールとして扱えるよう検討する。

【参考文献】

- [1] 清水 宏明 ほか：第 51 回材料と環境討論会. pp. 85-88 (2004). 腐食防食協会
- [2] M.Romanoff : Underground Corrosion. pp. 37-39(1957). NBS