

干渉電圧に関する一考察

防食・補修工法研究会 柏木達夫

1. はじめに

インフラ設備の根幹をなす地中埋設配管には世界的な技術基準に基づき電気防食対策が施され、管対地電位計測を定期的を実施する事により運転の安全性が維持・確保されている。しかし、これらの配管周辺には電気防食が施されている他埋設管や電鉄軌道および高圧送電線などが錯綜して存在する事が多く、これら施設からの干渉現象により地中埋設管の防食状態に悪影響が生じてしまう懸念が大きい。先ずは干渉電圧の大きさを知り、対策を施す必要がある。通常実施されている対策は施工後干渉度合いを実測し、状況に応じた対策を施すと言うのが一般的である。しかし、施工前に関連データに基づき、理論的に干渉電圧を予測し、適当な対策を実施できるなら、これに優るものは無いと言える。

そこで、筆者は思考実験として干渉源と埋設配管の空間配置形状に基づき、関連因子を組み合わせて干渉電圧の値を理論的に推定してみた。これらの理論推定値を比較検討する事により有効な事前対策を計画する事が可能となる。以下に思考実験の詳細を報告する。

2. 検討方法

2. 1 全般的な前提条件

- ①埋設配管の干渉形態は数種類あるが、本論では紙幅の都合上交差する場合のみ検討する
- ②干渉源に流入する電流(i)は 1mA/m とする
- ③周辺部の土壌抵抗率(ρ)は特別な場合以外は $100\Omega\text{m}$ とする
- ④離隔距離は配管中心からの離れとする
- ⑤管対地電位は鏡像理論を適用し算定するものとする

2. 2 干渉源と埋設配管の配置形状

図1に示す様な配置を想定し、干渉電圧の大きさを理論的に算定するものとする。先達の理論解析^{1)~5)}により、埋設管の深度を D_1 、干渉源と埋設管の距離を D_2 及び管対地電位測定点まで距離を各々 R_1 、 R_2 及び y_s とすると、干渉電圧 V は以下に示す理論式で算定される。

そこで、三平方の定理を適用すると、 $R_2^2 = D_2^2 + y_s^2$ $R_1^2 = (2D_1 + D_2)^2 + y_s^2$ だから

$$\text{基本式} \quad V = \frac{i\rho}{2\pi} \log \left(1 + \frac{y_s^2}{D_1^2} \right) \quad \text{に適用し、以下に示す式が得られる。}$$

$$V = \frac{i\rho}{4\pi} \left\{ \log \frac{R_2^2}{D_2^2} + \log \frac{R_1^2}{(2D_1 + D_2)^2} \right\} = \frac{i\rho}{4\pi} \left\{ \log \left(1 + \frac{y_s^2}{D_2^2} \right) + \log \left(1 + \frac{y_s^2}{(2D_1 + D_2)^2} \right) \right\}$$

今後の議論は本式から算定される干渉値を適用して行うものとする。

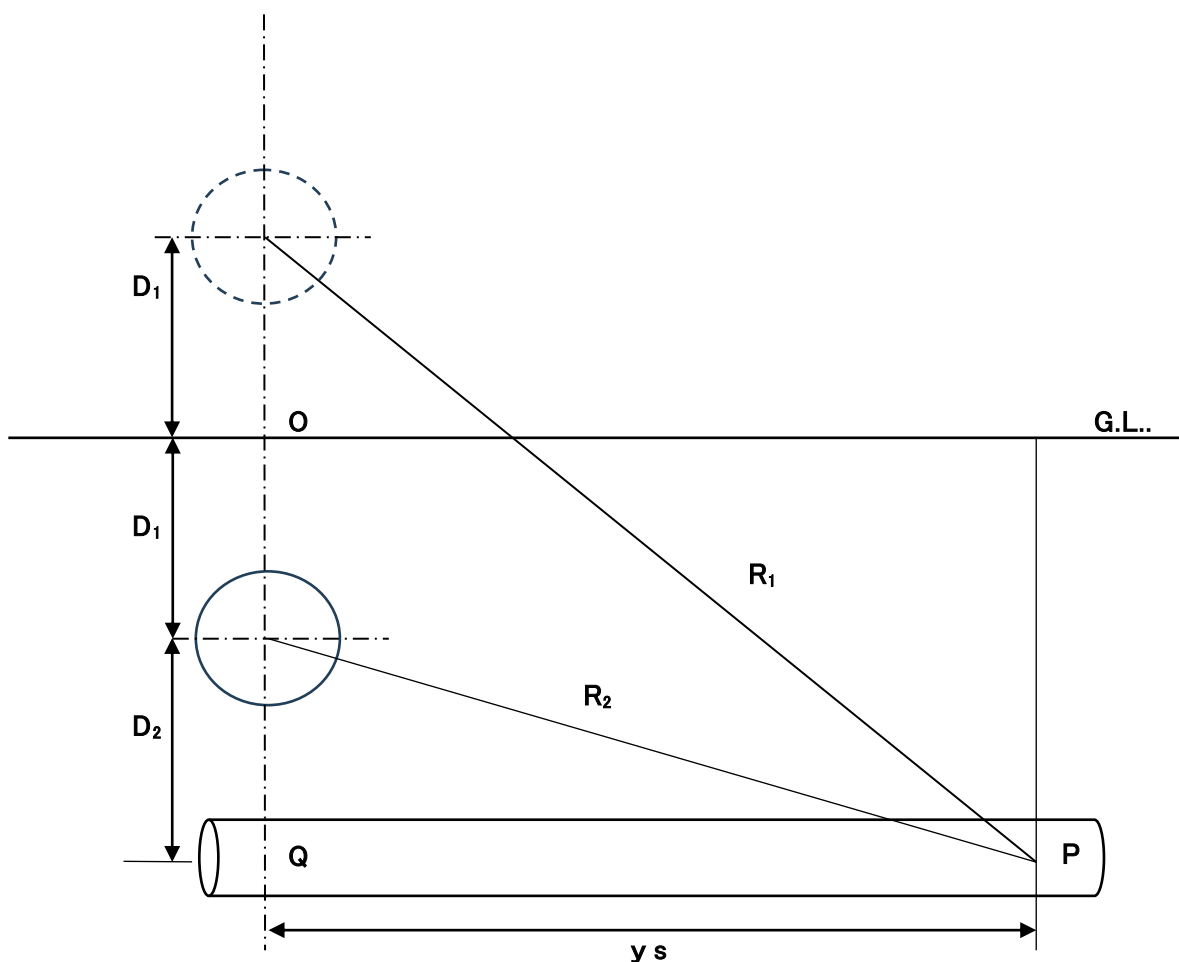


図 1 干渉源と埋設配管の配置形状

2. 3 検討ケースの選定

干渉源と埋設配管の配置形状から見て、干渉電圧に影響を与える因子は埋設管の深度 D_1 、干渉源と埋設管の距離 D_2 及び干渉電圧を測定する点までの距離 y_s と推定される。そこで、これらの因子を組み合わせ、種々変化させることにより干渉電圧を算定した。

3. 検討結果と考察

3. 1 埋設深度一定とし管間距離の変化

算定結果をまとめた図表を以下に示す。

表 1 埋設深度一定とし管間距離を変化させた結果

埋設深度 $D_1(\text{m})$	管間距離 $D_2(\text{m})$	干渉電圧 $V(\text{mV})$				
		干渉点からの離れ $y_s (\text{m})$				
		5	10	20	30	50

2	2	20.0	36.5	56.6	69.1	85.1
	3	13.9	28.7	48.0	60.3	76.3
	5	7.7	19.2	36.7	48.6	64.3
3	2	18.4	33.4	52.5	64.7	80.6
	3	12.7	26.3	44.6	56.6	72.4
	5	7.0	17.6	34.2	45.7	61.2
5	2	17.0	30.1	47.3	58.9	74.4
	3	11.7	23.6	40.0	51.4	66.8
	5	6.4	15.7	30.7	41.6	56.6

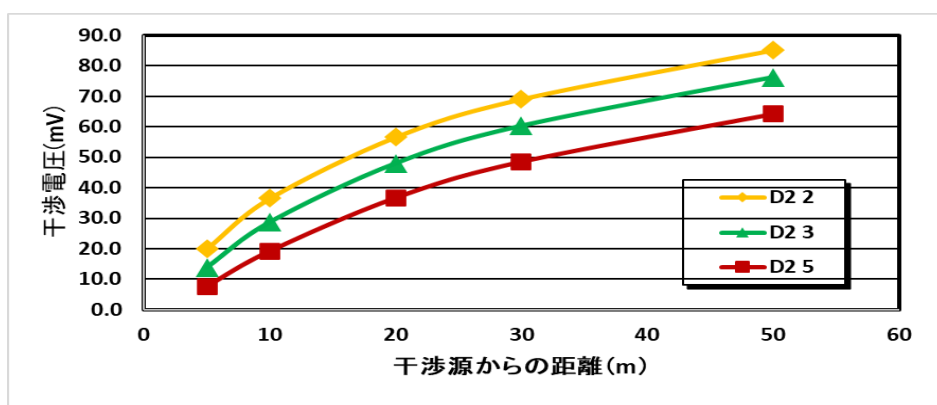


図2 埋設深度 2m に於ける干渉電圧

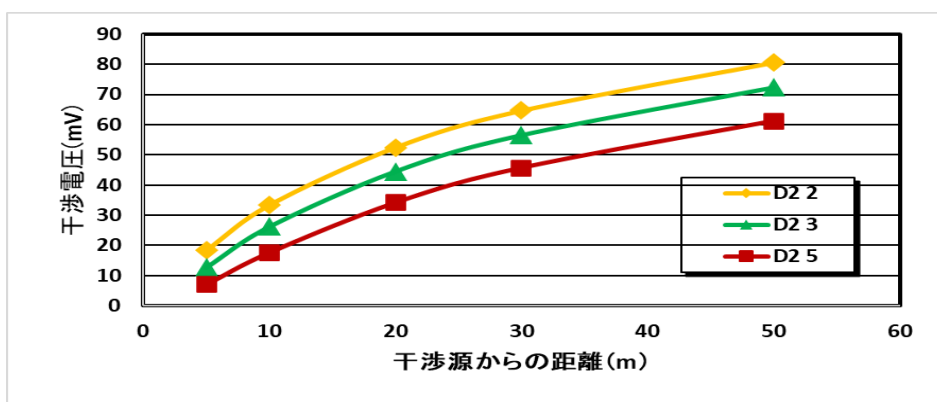


図3 埋設深度 3m に於ける干渉電圧

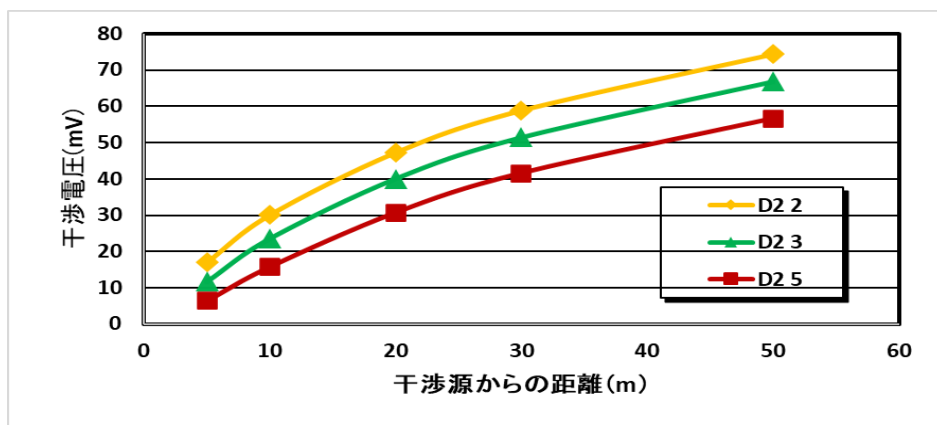


図4 埋設深度 5m に於ける干渉電圧

3. 2 管間距離一定とし埋設深度の変化

算定結果をまとめた図表を以下に示す。

表 2 管間距離一定とし埋設深度を変化させた結果

管間距離 $D_2(\text{m})$	埋設深度 $D_1(\text{m})$	干渉電圧 $V(\text{mV})$				
		干渉点からの離れ $y_s(\text{m})$				
		5	10	20	30	50
2	2	20.0	36.5	56.6	69.1	85.1
	3	18.4	33.4	52.5	64.7	80.6
	5	11.9	24.1	41.0	52.5	68.0
3	2	13.9	28.7	48.0	60.3	76.3
	3	12.7	26.3	44.6	56.6	72.4
	5	11.7	23.6	40.0	51.4	66.8
5	2	7.66	19.2	36.7	48.6	64.3
	3	7.01	17.6	34.2	45.7	61.2
	5	6.36	15.7	30.7	41.6	56.6

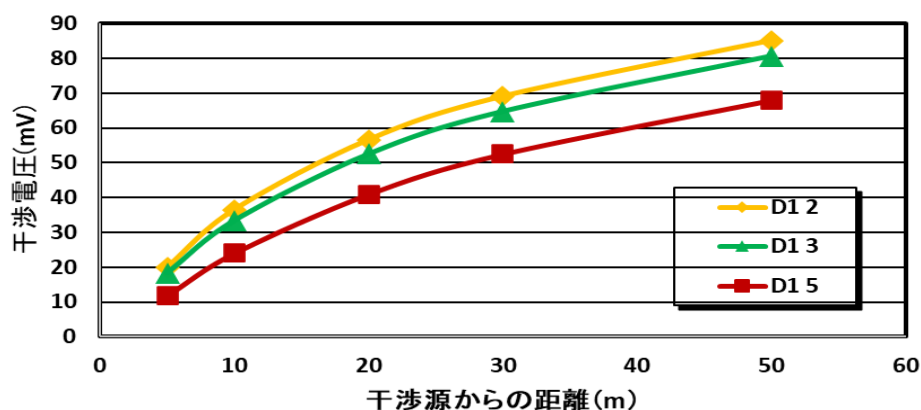


図 5 管間距離 2m に於ける干渉電圧

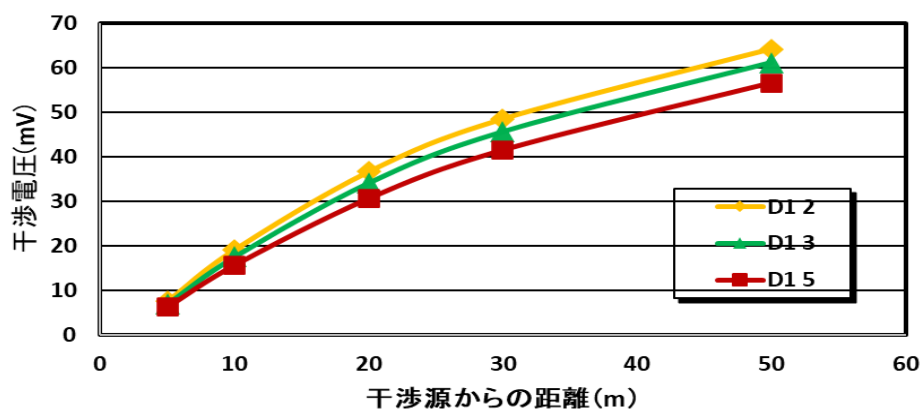


図 6 管間距離 5m に於ける干渉電圧

3. 3 管間距離一定とし土壤抵抗率の変化

算定結果をまとめた図表を以下に示す。

表 3 管間距離一定とし土壤抵抗率を変化させた結果

管間距離 $D_2(m)$	抵抗率 $\rho (\Omega m)$	干渉電圧 $V(mV)$				
		干渉点からの離れ $y_s (m)$				
		5	10	20	30	50
2	100	20.0	36.5	56.6	69.1	85.1
	200	39.9	73.0	113.2	138.2	170.3
	300	59.9	109.5	169.8	207.2	255.4
3	100	13.9	28.7	48.0	60.3	76.3
	200	27.7	57.4	96.0	120.7	152.5
	300	41.6	86.1	144.0	181.0	228.8
5	100	7.7	19.2	36.7	48.6	64.3
	200	15.3	38.4	73.5	97.2	128.6
	300	23.0	57.6	110.2	145.8	192.9

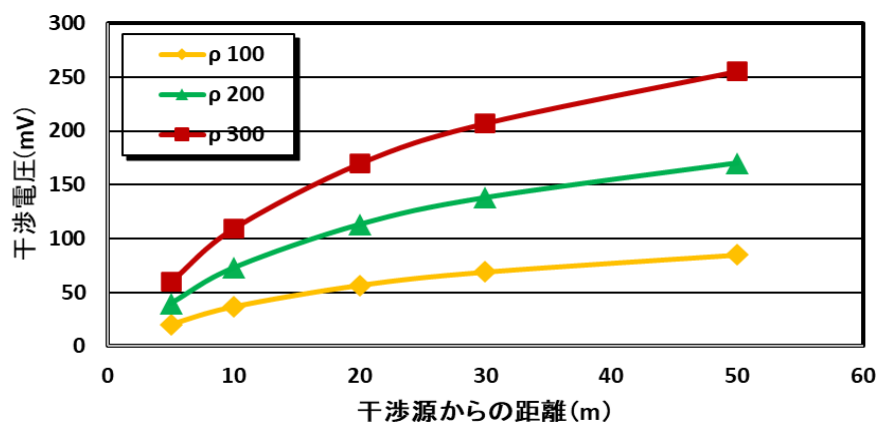


図 7 管間距離 2m に於ける干渉電圧

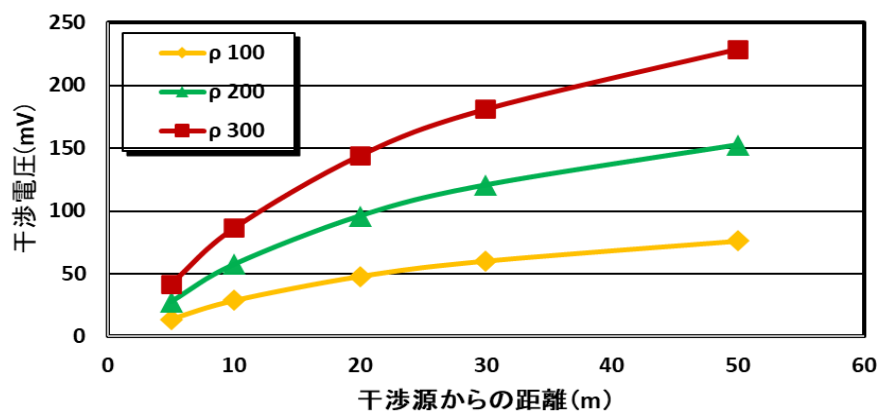


図 8 管間距離 3m に於ける干渉電圧

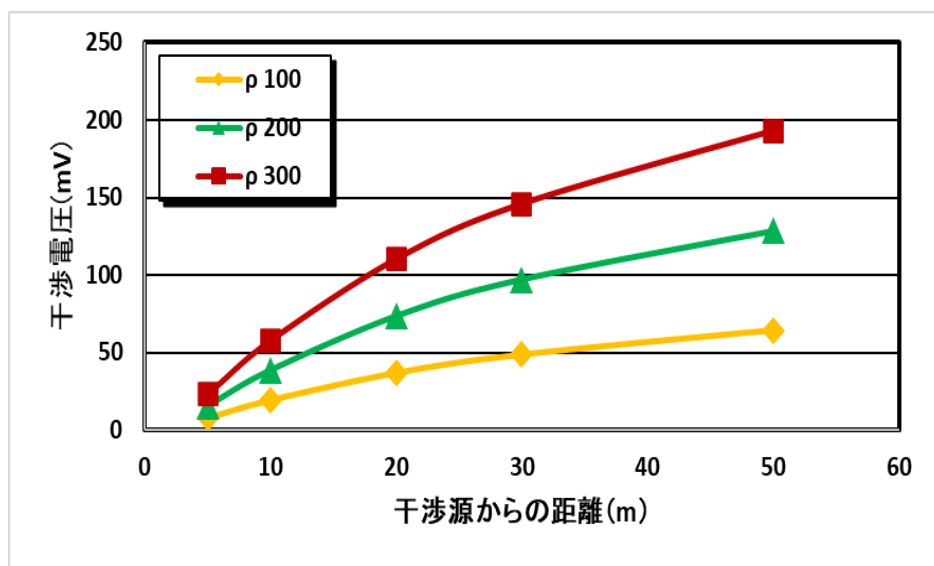


図9 管間距離 5m に於ける干渉電圧

4. 解析・検討結果のまとめ

今般実施した思考実験による解析・検討結果を以下に整理して示す。

- ① 種々の条件で算定した干渉電圧はヨーロッパなどの許容値を上回るものであった。
- ② 干渉源の埋設深度による干渉電圧の変化は大きなものでは無く、埋設深度を変化させてもほぼ同じ値である。これより埋設深度は干渉電圧にそれ程大きな影響を及ぼさないと考えても良い。
- ③ これに対し管間距離の変化は干渉電圧に小さくない影響を与え、距離の増加に伴い干渉電圧値は漸次減少している。
- ④ 埋設深度や管間距離などの変化より、土壌抵抗率が干渉電圧に及ぼす影響はより大きなものであると言える。

5. まとめ

今回の思考実験により、干渉源と配管の埋設深さや離隔距離に応じた干渉電圧の大きさを算定することが可能となった。勿論、理論計算の結果ではあるが、埋設配管の敷設企画時に事前干渉対策を施す際に役立つものと推察される。今回の思考実験による検証結果が今後の実務ワークに少しでも寄与する事を願いつつ、本発表を締め括るものとする。

引用文献

- 1) H. H. Uhlig & R. Winston Revie 岡本剛 監修 松田精吾 松島巖 共訳
腐食反応とその制御 (第3版) (1999) 産業図書
- 2) Robert P. Howell "Potential Measurements in Cathodic Protection Designs"
Corrosion 8 Sept. 300~304 (1952)
- 3) Marshall E. Parker & Edward G. Peattie Pipe Line Corrosion and Cathodic Protection 3rd
Edition Gulf Professional Publishing (1999)
- 4) 電気学会・電食防止研究委員会編 電食防止・電気防食ハンドブック (2011) オーム社
- 5) 電食防止研究委員会編 電食防止・電気防食用語事典 (2013) オーム社