

低圧ガス導管の地震時被害予測における地形補正の評価

東京ガス(株) 正会員 ○ 猪股 渉
 千葉大学 正会員 丸山 喜久

1. はじめに

東京ガスは地震発生時、被害が大きい地域に対する供給停止措置を速やかに実施するため、リアルタイム地震防災システム SUPREME を導入している。SUPREME は約4,000箇所を設置した超高密度な地震計から構成されており、地震動をきめ細やかに把握し、リアルタイムで各種被害を推計する機能を実装している。特に低圧ガス導管の被害予測は、被害の大きい地域を特定し、保安確保のための供給停止判断を支援する重要な役割を担っている。

本研究では東日本大震災における低圧ガス導管の被害実績を詳細に分類し、被害予測における地形補正の有用性に関する評価を行ったので、その内容を報告する。

2. 低圧ガス導管の被害予測式

被害予測式は、過去大地震で被害の大半を占めるねじ接合鋼管を取り上げ、地震動に対する強度が対数正規分布するという仮定のもと、確率密度関数で表現している。

$$R(SI) = C_p \cdot C_g \cdot R_0 \cdot \phi(SI) \quad (1)$$

$$\phi(SI) = \int_0^{SI} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\xi x} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \lambda}{\xi}\right)^2\right) dx \quad (2)$$

- $R(SI)$: 管種毎被害率(箇所/km)
- SI : 該当メッシュのSI値(cm/sec)
- C_p : 管種(継手)による補正係数(0.02~1, (1@ねじ継手))
- C_g : 微地形による補正係数(0.87~2.24, (1@沖積平野))
- R_0 : 2.36(件/km), ねじ継手@沖積平野の被害率最大値
- λ, ξ : $\ln(SI)$ の平均値(4.298), 標準偏差(0.387)

式(1)に示す通り、被害率の算出には補正係数が大きく影響する。地形に対しては、4種類に区分した地形分類のうち沖積平野を中央値1として、被害実績に基づき設定した補正係数を乗じることで算出している。この地形補正は、粗な地震観測情報に基づき、解像度が低い地表面SI値分布が作られることを前提としており、表層地盤の揺れの増幅を補正係数として乗じる意味合いが強い。SUPREMEは超高密度観測情報と50mメッシュの地形分類との掛け合わせにより、増幅特性を加味して地表面SI値分布が高

解像度に作られているが、既往研究では補正の意味合いが十分に評価されていない。そこで本研究では、東日本大震災で収集された超高密度な観測記録、地形分類毎の被害実績に基づき、地形補正の有用性を評価する。

3. 東日本大震災における地形分類毎の被害実績

東日本大震災におけるねじ接合鋼管の被害について、被害形態及び地形分類毎に整理したものを表-1に、推定した50mメッシュSI値分布、地形分類に被害地点を重ねたものを図-2に示す。以降、地震動の影響が大きいと評価されている¹⁾、継手被害(ねじ継手)に特化し分析を進める。

SI値に対する被害率を集計し、地形分類毎に整理した図-3において、谷底平野以外の3区分は被害予測式に近い値を示し、地形補正の必要性が低いことが確認された。一方、谷底平野については、他の3区分と比較して明らかに被害率が高い傾向が確認された(図-4,5)。谷底平野では、ローカルな不整形地盤等の影響により、外力となる地盤歪が増幅し、被害が多く発生したものと推察される。

表-1 ねじ接合鋼管の地形分類毎の被害実績

	地震動 (PL<5)					液状化 5≤PL
	沖積	良質	人工	谷底	計	
ねじ継手	8	5	4	19	36	(3)
ねじ管体	18	20	7	8	53	(1)
計	26	25	11	27	89	(4)

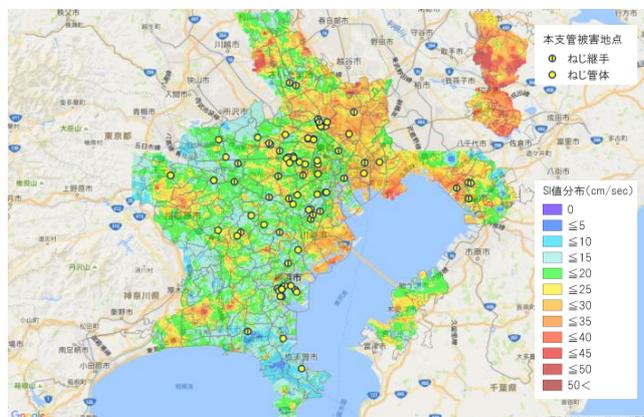


図-1 50mメッシュSI値分布とねじ接合鋼管被害地点

キーワード リアルタイム地震防災システム, 低圧ガス導管被害予測, 東日本大震災
 連絡先 〒105-8527 東京都港区海岸 1-5-20 東京ガス株式会社 導管企画部

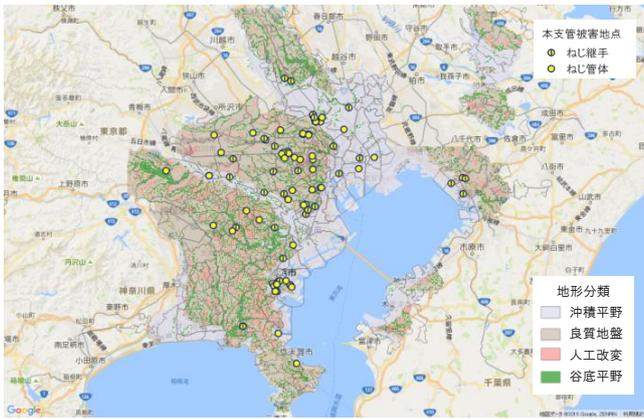
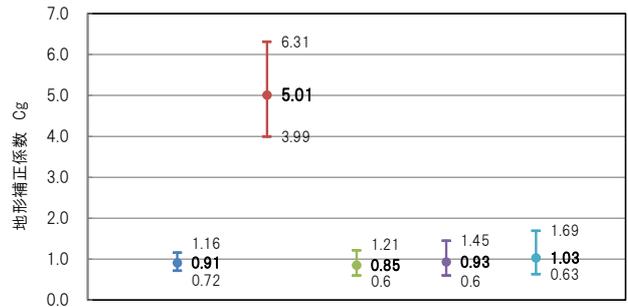


図-2 SUPREME 地形分類とねじ接合鋼管被害地点



①谷底平野以外 ②谷底平野 (沖積平野) (良質地盤) (人工改変) の3区分
 図-6 地形分類毎の地形補正係数の範囲

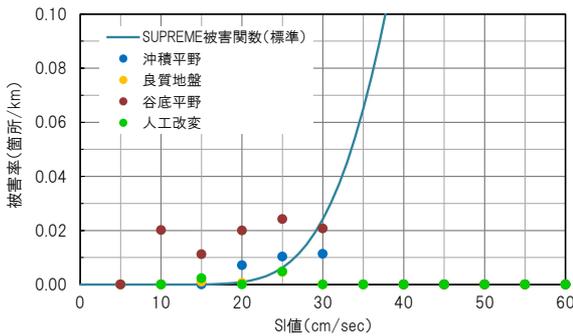


図-3 ねじ継手の地形分類毎被害率(PL<5)

のメッシュ内の被害数が x_k となる確率 $p(X = x_k)$ は、以下のように表現される。

$$p(X = x_k) = \frac{(Rl_k^*)^{x_k}}{x_k!} \cdot \exp(-Rl_k^*) \quad x_k = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

ここで、 Rl_k^* はメッシュ内の平均被害数であり、前述の被害予測式に延長 l_k を乗じることで求められる。

$$Rl_k^*(Sl_k) = l_k \cdot C_g \cdot R0 \cdot \phi(Sl_k) \quad (4)$$

メッシュ内被害発生がポアソン分布に従うとき、ある地形分類の被害の総数は、地形補正係数 C_g の下で μ^* を平均値、 σ を標準偏差とするポアソン分布に従う。

$$\mu^* = \sum_{k=1} Rl_k^* \quad (5) \quad \sigma = \sqrt{\mu^*} \quad (6)$$

即ち、地形分類毎の被害実績が $\mu^* \pm \sigma$ となる C_g の範囲を定めることで、補正係数の同定が可能となる。図-6に地形分類毎に被害予測結果の範囲が $\mu^* \pm \sigma$ で再現出来る C_g の範囲を示す。前章の結論と同様、谷底平野以外の3区分に対しては、同一と取り扱うことが可能であり、補正係数を乗じる必要が無いことを確認した。谷底平野においては明らかに被害が増加するため、補正が必要であり、 C_g を 3.99~6.31 の範囲内(平均 5.01)で設定することで被害を再現できることを確認した。

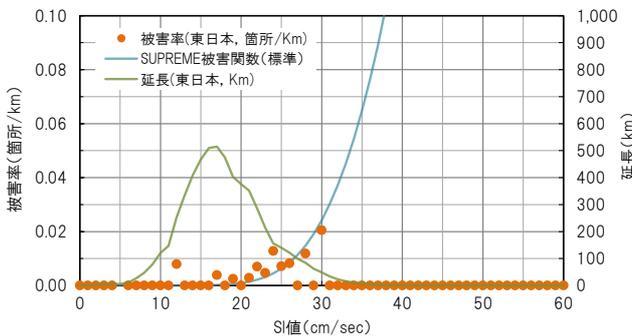


図-4 ねじ継手の被害率(PL<5, 谷底平野以外)

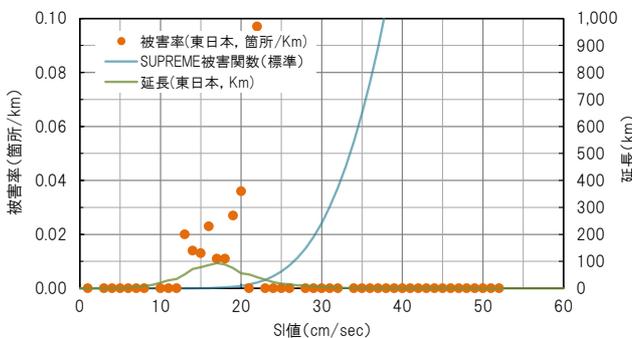


図-5 ねじ継手の被害率(PL<5, 谷底平野)

4. ポアソン分布に基づく地形補正係数の評価

ねじ継手の50mメッシュ内の被害発生がポアソン分布に従うものと仮定すると、メッシュコード k においてねじ継手

5. まとめ

本研究では低圧ガス導管の地震時被害予測における地形補正の有用性について評価を行った。谷底平野以外の地形においては、既往被害予測式に対して補正が不要であることを確認した。一方、谷底平野では地盤の増幅に加え、ローカルな不整形地盤の影響等により被害数が増加するため、補正が必要であることを確認した。

参考文献

1) 猪股渉, 丸山喜久: 低圧ガス導管の地震時被害モードを考慮した被害分析, 第7回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム講演集, 土木学会, pp.200-205, 2016.