

低圧ガス導管におけるポリエチレン管への更新順序の検討

21T0226C 丹呉 悠哉

指導教員：丸山 喜久

1. 研究背景と目的

1995年に発生した兵庫県南部地震では、低圧ガス導管において26,459箇所破断などの被害が発生し、その9割以上がねじ接合鋼管のねじ継手部分に集中した¹⁾。一方、ポリエチレン管(PE管)では被害が見られなかった。これを受け、都市ガス事業者はねじ接合鋼管からPE管への更新を加速させるなど対策を実施してきた。

PE管は高い変形性能を有しており、地震時にネットワークの変形を吸収し、ねじ継手部分に作用する外力を低減する²⁾。PE管は1982年の導入以降、主な地震において被害が確認されていない。ねじ接合鋼管の継手部分の被害率(件/km)には地形分類が大きく影響し、谷底平野や盛土造成地において被害件数が増加する傾向が確認されている³⁾。

以上のことを踏まえると、低圧ガス導管網においてねじ接合鋼管をPE管へ更新するには適切な更新戦略が必要であると考えられる。本研究では、PE管への更新パターンと被害件数の関係を評価し、最適な更新順序を決定することを目指す。

2. ねじ接合鋼管の被害率

本研究では、ねじ接合鋼管の被害率および被害件数を算出する際に、猪股らの構築した被害予測式を用いる。この式は、ねじ接合鋼管の継手と管体の被害形態の差を考慮し、独立した式を作成し足し合わせる構成となっており、地震動SI値と地形分類により被害率を算出する⁴⁾。

3. PE管の被害低減効果に関する検討

PE管が存在することにより低圧ガス導管ネットワーク全体の耐震性が高まる。本研究では、PE管率を説明変数とする被害低減係数を用いてこの効果を確認し、ねじ接合鋼管の被害率を補正した。ねじ接合鋼管の管路延長に補正した被害率を乗じると、ねじ接合鋼管の被害件数が算出される。入れ替え前後のねじ接合鋼管の被害件数をそれぞれ D_{pre} 、 D_{post} とすると、被害件数の減少量は式(1)で表される。

$$D_{pre} - D_{post} = l_{N,pre} \cdot C_{Pr,pre} \cdot R_{Ng'}(SI) - l_{N,post} \cdot C_{Pr,post} \cdot R_{Ng'}(SI) \quad (1)$$

ここで、 $l_{N,pre}$ 、 $l_{N,post}$ はそれぞれ入れ替え前後のねじ

接合鋼管の管路延長、 $C_{Pr,pre}$ 、 $C_{Pr,post}$ はそれぞれ入れ替え前後のPE管率に対応する被害低減係数である。

4. PE管への更新シミュレーション

PE管が存在することによる被害低減効果はPE管率が高まるにつれ増加し、PE管率40%、80%を境にして被害低減効果の増加量が大きくなる²⁾。現在、東京ガスの供給エリア全体でのPE管率は約35.4%である。ねじ接合鋼管の管路延長は約7110kmあり、このうち約2026.5kmを入れ替えるとPE管率は約40%となる。本研究では、PE管率を40%とすることを目標とし、ねじ接合鋼管の被害件数の減少量を指標として定量的な評価を行う。

更新シミュレーションにおいて、PE管への入れ替えは50mメッシュごとにまとめて実施する。実際の低圧ガス導管の更新工事では少なくとも約50m程度の区間ごとにまとめて入れ替えることが一般的であるため、本研究においてもねじ接合鋼管の管路延長が50m以上あるメッシュにおいて入れ替えを実施するものとする。

更新パターンは7つ設定した。パターン①は、ねじ接合鋼管を含むメッシュのうち、ランダムに選んだメッシュ内のねじ接合鋼管をPE管へと入れ替える。パターン②は、標準地形グループと比較して被害率が大きくなる傾向にある谷底平野および盛土造成地のメッシュを優先して更新し、さらにPE管率が低いメッシュでPE管へ入れ替える。パターン③は全てのメッシュのうち、PE管率が低いメッシュを優先してPE管へ入れ替える。パターン④、⑤、⑥はそれぞれPE管率が30%、40%、60%未満のメッシュのうち、PE管率が高いメッシュから優先してPE管へ入れ替える。パターン⑦は、ねじ接合鋼管の敷設割合が高いメッシュを優先してPE管へ入れ替える。

更新による被害低減効果は、グリッド内のねじ接合鋼管とPE管の管路延長が短く、その他の管種の管路延長が長いと更新の効果は限定的となる。入れ替え前のPE管率が低く、ねじ接合鋼管率が高いグリッドは入れ替え前後の被害低減係数の差が大きくなり、入れ替えの効果が得られやすいものと考えられる。

シミュレーションには、東北地方太平洋沖地震のSI値、都心南部直下地震、大正関東地震の想定SI値を使用する。

表-1に入れ替え前及び各パターンの被害件数と各

パターンにおける入れ替え前の被害件数に対する割合を示す。

表-1 PE 管の入れ替え前後の被害件数の差

	東北地方太平洋沖地震		都心南部直下地震		大正関東地震	
	被害件数 (件)	入れ替え前に対する割合	被害件数 (件)	入れ替え前に対する割合	被害件数 (件)	入れ替え前に対する割合
入れ替え前	114	-	5,795	-	8,348	-
①	83	72.8%	4,267	73.6%	6,088	72.9%
②	62	54.4%	3,855	66.5%	5,057	60.6%
③	90	78.9%	4,374	75.5%	5,494	65.8%
④	85	74.6%	4,272	73.7%	5,506	66.0%
⑤	86	75.4%	4,258	73.5%	5,654	67.7%
⑥	85	74.6%	4,200	72.5%	5,701	68.3%
⑦	85	74.6%	4,481	77.3%	6,217	74.5%

更新シミュレーションの結果、すべてのパターンにおいて被害件数は減少することが確認できた。減少量については各パターン間において差があり、その傾向は3地震で概ね共通している。更新による被害低減効果が最も顕著に現れたのは、パターン②であった。一方、パターン③およびパターン⑦では、被害件数の減少量が相対的に小さくなった。

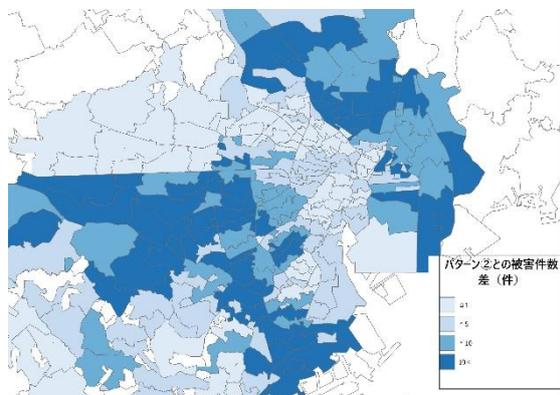


図-1 都心南部直下地震：パターン②による被害件数の変化（入れ替え前—入れ替え後）

図-1 に都心南部直下地震でのパターン②による入れ替え前後の被害件数の差を示す。パターン②では谷底平野および盛土造成地のメッシュを優先して更新したが、これらの地形では標準地形グループと比較して被害率が大きく、被害件数も増加しやすい。しかし、谷底平野および盛土造成地のねじ接合鋼管をすべてPE管へと入れ替えたため、これらの地形において被害件数は0件となり、入れ替えの効果が大きくなったと考えられる。

図-2 に都心南部直下地震でのパターン⑦による入れ替え前後の被害件数の差を示す。パターン⑦では、

ねじ接合鋼管の敷設割合を更新の指標とした。被害件数に直接影響するのは、ねじ接合鋼管の管路延長である。このため、ねじ接合鋼管率は高いものの、ねじ接合鋼管の管路延長が比較的短いメッシュが入れ替えに多く含まれた結果、更新による被害低減効果は限定的になったと考えられる。

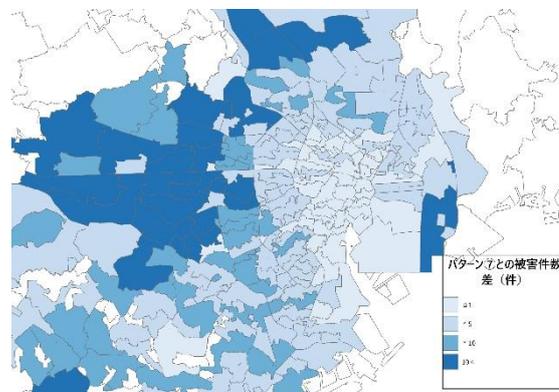


図-2 都心南部直下地震：パターン⑦による被害件数の変化（入れ替え前—入れ替え後）

5. まとめ

本研究では、ねじ接合鋼管からPE管へと更新する際の更新順序についての検討を行った。更新パターンを7つ設定し、3つの地震データを用いて被害率及び被害件数を算出し、被害件数の減少量を指標として評価を行った。パターン②において更新による被害低減の効果は最大となり、パターン③、⑦において被害低減の効果は限定的となった。

ねじ接合鋼管からPE管へと更新する順序の違いにより、被害件数の減少量に差異があることが確認できた。PE管へと最適な順序に則り更新することで低圧ガス導管網の地震時被害の低減が可能である。

本研究では、被害件数に直接影響するねじ接合鋼管の管路延長や被害件数をパターン設定の指標としておらず、今後の課題である。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁：ガス地震対策検討会報告書，1996
- 2) 猪股渉，丸山喜久：ポリエチレン管が混在する低圧ガス導管ネットワークの耐震性能評価，土木学会論文集，Vol.81，No.13，24-13516，2025
- 3) 猪股渉，丸山喜久：宮城県仙台市の被害データに基づく盛土造成地における低圧ガス導管の地震時被害分析，日本地震工学会論文集，Vol.19，No.5，p.5_294-5_303，2018
- 4) 猪股渉，丸山喜久：超高密度な地震観測記録に基づく低圧ガス導管被害予測システムの高精度化，土木学会論文集A1（構造・地震工学），Vol.76，No.3，p.424-441，2020