

埋設管の被害率に影響を与える丘陵宅造地の簡易判定法に関する検討

安藤広和¹・小口憲武²・清水善久³・小金丸健一⁴

¹正会員 工修 東京ガス(株) 基礎技術研究所地盤工学チーム係長(〒105 港区芝浦 1-16-25)

²工修 東京ガス(株) 基礎技術研究所地盤工学チームリーダー(〒105 港区芝浦 1-16-25)

³正会員 東京ガス(株) 防災・供給センター防災・供給グループ課長(〒105 港区海岸 1-5-20)

⁴正会員 工修 東京ガス(株) 防災・供給センター防災・供給グループ(〒105 港区海岸 1-5-20)

丘陵宅造地に見られる傾斜地や盛土と切土が混在する地形・地盤条件下では、地震時、埋設管の被害が発生しやすいことが知られている。このような条件は、人工改変マップによって判定することが有効と考えられるが、その一方で、マップを作成するには費用が莫大となること、また、定量的な判定が難しいなどの欠点がある。そこで、現在一般に利用できる土地条件図および数値化された標高データを利用した簡易判定法について阪神大震災の事例に基づき検討した。その結果、洪積台地の面積比率が50%以上でかつ地形傾斜度が5から10%の範囲で被害率が高くなることが分かった。また、この知見を1993年の釧路沖地震で既に丘陵宅造地と判定された地区に適用し、その妥当性を検証することができた。

key words: earthquake, pipeline, gas supply system, damage, land reclamation, GIS, case study

1. はじめに

丘陵宅造地に見られる傾斜地や盛土と切土が混在する地形・地盤条件下では、地震時、埋設管の被害が発生しやすいことが知られている。このような条件は、人工改変マップによって判定することが有効と考えるが、その一方で、マップを作成するには費用が莫大となること、また、定量的な判定が難しいなどの欠点がある。そこで、現在一般的に利用できる土地条件図および50mメッシュの数値化された標高データを利用した簡易判定法を検討した。ここでは、1995年阪神大震災および1993年釧路沖地震での事例を検討対象とし、地理情報システムを用いた分析より、いくつかの有益な知見を得たので報告する。なお、本検討では地形・地盤条件のみに注目し、地震動強度との相関は考慮しなかった。

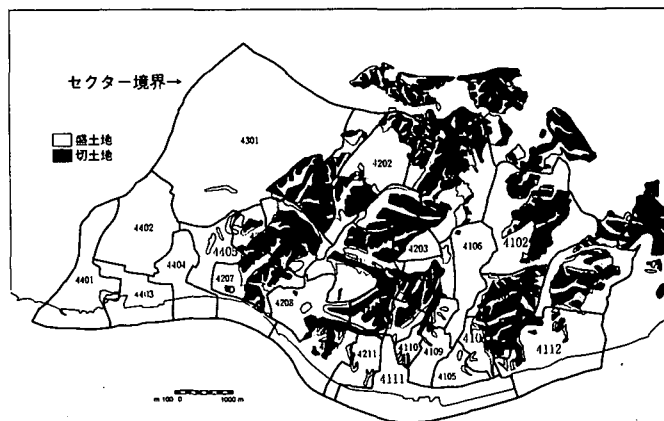


図-1 神戸4ミドルブロックの人工改変マップ¹⁾

2. 阪神大震災での事例¹⁾

1995年の阪神大震災においては、ガス供給設備にも甚大な被害が発生し、阪神地区では供給を停止するに至った。同地区のうち、図-1に示すように、大阪ガスの神戸4ミドルブロック(神戸市垂水区周辺)について、土地条件図および過去と現在の航空写真等により人工改変マップを作成し、丘陵宅造地がガス導管の被害に与える影響について調査された。

一般(中・低圧)ガス導管耐震設計指針²⁾では、埋設条件別にガス導管に要求される耐震性能を分けている。埋設条件を表-1に示す。通常、埋設条件は表中に示す地盤条件によって分類され、この場合、埋設条件Ⅲが最も耐震性能が要求される地域であり、切り盛り土された宅地造成地などがこれに相当する。

表-1 中・低圧ガス導管耐震設計指針による埋設条件

埋設条件	地盤分類
I	主として次の3つの地盤のいずれかにより構成されている地域もしくはそれらの地盤が混在している地域 1) 第三紀以前の地盤(岩盤) 2) 洪積層の地盤 3) 沖積層の厚さが10m未満または軟弱層の厚さが5m未満の地盤
II	主として10m以上の沖積層もしくは5m以上の軟弱層からなる地盤の地域
III	条件Iに相当する地盤と条件・に相当する地盤とが相互に入組み合い、あるいは混在している地域

そこで、神戸 4 ミドルブロックの全復旧セクターを対象として、人工改変マップに基づき、各復旧セクターを埋設条件別に分類し、埋設条件Ⅲとそれ以外の埋設条件Ⅰ、Ⅱのエリアとの被害状況の比較が行われた。なお、復旧セクター（以下、セクターと略す）とは復旧時の最小ブロックを示すものである。埋設条件別のねじおよびSGM継手の被害状況を図-2に示す。なお、両継手とも低圧ガス導管のうち口径100mm未満の支管に用いられる継手種であり、管の材質は鋼管である。

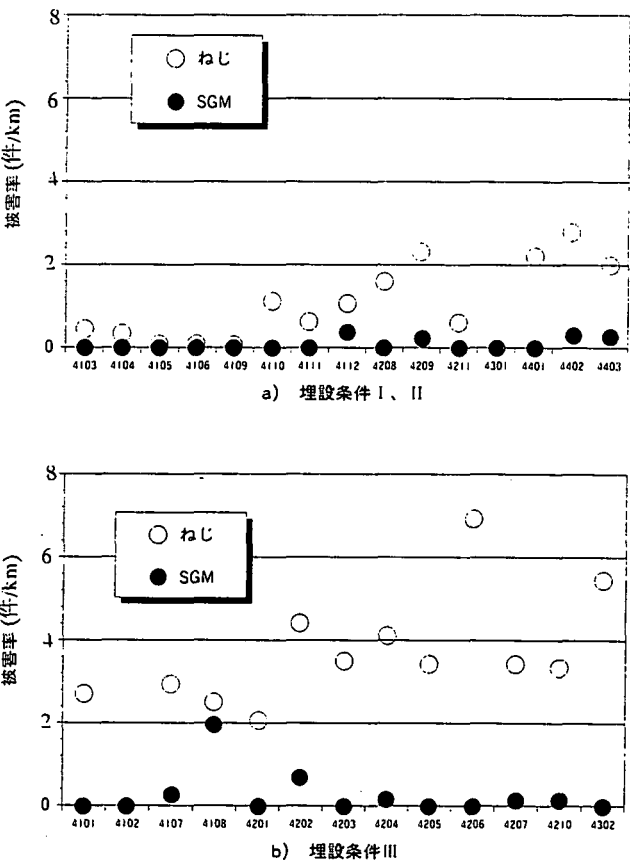


図-2 埋設条件別のねじ・SGM継手の被害状況¹⁾

この結果より、埋設条件Ⅲに相当する地域では、埋設条件Ⅰ、Ⅱと比較してねじ継手の被害率が高くなることが分かる。一方、抜け出し防止機構を有するSGM継手については、この埋設条件でも被害は著しく低く、十分耐震性があることが確認された。また、耐震性の低いとされるねじについても埋設条件Ⅰ、Ⅱでは被害は小さく、地震対策を考える上で埋設条件Ⅲを精度よく絞り込むことが重要であることが示唆されている。

3. 検討方法

丘陵宅造地の影響により埋設管の被害率が高くなると予測されるエリアを絞り込む方法としては、前述したような人工改変マップを作成することが有効な方法であることが分かった。しかし、同マップを

作成するには、土地条件図等に加えて、新旧の航空写真や地形図の比較、現地調査（住民へのヒアリングを含む）等を行う必要があり、ガス導管など広域に分布する線上埋設構造物を対象とする場合、多くの期間と費用がかかる。また、その結果より被害を受けやすいエリアを特定するには工学的な判断が要求され、専門的な知識が必要となる。そこで、一般に入手できる土地条件図に基づく微地形分類図と数値化された標高データにより簡易にかつ定量的にガス導管に影響を与える判定法を検討した。対象としたエリアは前述した神戸 4 ミドルブロックとした。微地形についてはガス導管耐震設計指針の手引き³⁾に示される方法で分類し、数値化された標高データについては、地形との相関を分析するため、50mメッシュ単位の標高データ⁴⁾を元に、周囲4メッシュとの標高差から各メッシュ毎に地形傾斜度を算出した。微地形分類を表-2に示す。これにより、洪積台地、沖積平野、人工地形の3つの地質分類にも大別した。なお、洪積台地には表中に示すように人工改変地は含まれていない。

表-2 微地形分類の一覧

	微地形分類	地質分類
1	斜面・山麓堆積地形 (人工改変地形を含む)	洪積台地
2	台地・段丘 (人工改変地形を含む)	
3	扇状地	沖積平野
4	自然堤防	
5	砂堆・砂州・砂丘	
6	砂丘間低地・浅い谷	
7	谷底平野・氾濫平野	
8	後背低地	
9	旧河道	
10	湿地 (泥炭地)	
11	三角州・海岸平野	人工地形
12	盛土地	
13	高い盛土地・(低地の)平坦化地	
14	埋土地	
15	干拓地	
16	顔水地形と水部	

これらのデータを地理情報システム (GIS) に登録し、地形・地盤条件と前述したセクター単位のねじの被害率に注目し、相関を分析することで簡易判定法の検討を行った。

4. 検討結果

被害率と微地形毎およびその組み合わせと標高データより算出される地形傾斜度との相関を様々な角度から統計分析した結果、被害率に影響を与える地形・地盤条件は微地形より大別した洪積台地の面積比率と、地形傾斜度と相関が高いことが分かった。神戸 4 ミドルブロックの地質分布と地形傾斜分布を図-3および図-4に示す。また、各セクター毎の洪積台地の面積比率、地形傾斜度と被害率の関係を図



図-3 神戸4ミドルブロックの地質分布

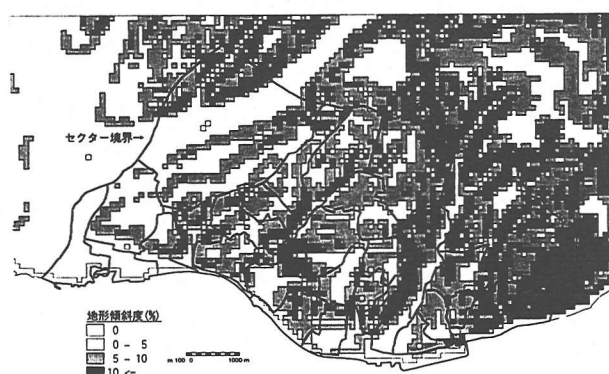


図-4 神戸4ミドルブロックの地形傾斜分布

図-5に示す。参考までに、各セクターの面積は平均で1.4km²であり、ねじの延長は約4から12kmの範囲で平均8kmの延長を有する。なお、ここでの地形傾斜度とはセクター内の平均値を示す。

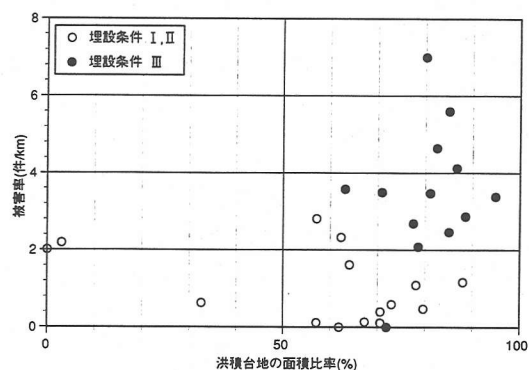
この結果より、洪積台地の面積比率が50%以上のセクターで被害率が高くなる傾向が見られること、また、地形傾斜度では5から10%以内のセクターで被害率が高くなることから、さらに以上を重ね合わせることで宅地造成地に相当する埋設条件Ⅲに分類されたセクターはほぼ包含された。以上から、人工改変マップによる埋設条件別の被害状況と本検討による上記指標で分類した結果について、宅地造成地の影響が有り無しの被害率の比較を行った。結果を表-3に示す。この結果より、人工改変マップと今回の分析による指標での被害率とはほぼ一致することから、本検討で得られた簡易な判定指標により人工改変マップとほぼ同じ精度で埋設管の被害率に影響与える丘陵宅造地を特定できるものと推察される。

表-3 ねじ継手の被害状況比較

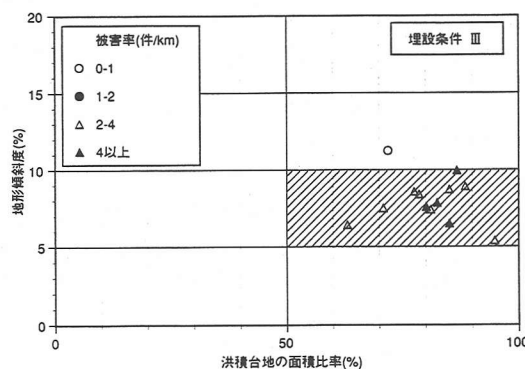
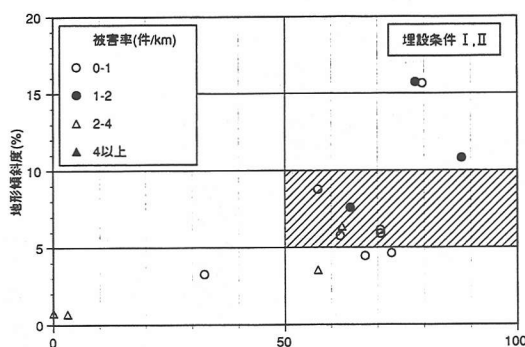
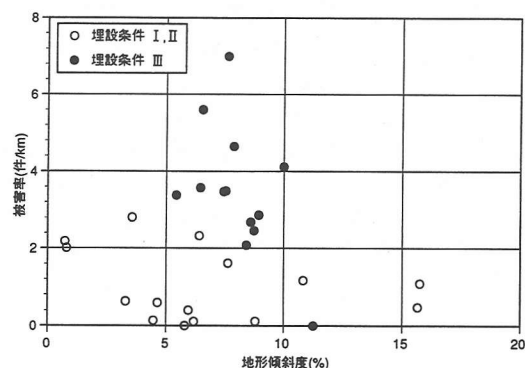
	宅地造成の影響有り	影響無し
人工改変マップ	埋設条件Ⅲ	埋設条件Ⅰ, Ⅱ
被害率 (件/km)	3.8	1.1
簡易判定指標	洪積台地の面積比率が50%以上でかつ地形傾斜度が5~10%以内	左記以外
被害率 (件/km)	2.9	1.2

5. 簡易判定法の妥当性の検証

上記判定法の妥当性を検証するため、1993年の釧路沖地震において、釧路市およびその周辺でガスが供給停止した地区を対象とした分析を行った。当該地区は釧路ガスの供給エリアであり、東西400m×南北300mの導管図メッシュを最小単位とする計58メ



a) 洪積台地と地形傾斜度との相関



b) 埋設条件との相関

図-5 洪積台地、地形傾斜度とねじ継手の被害率

ッシュ分に相当し、面積は約 7km²である。図-6 に地形分類に基づく地質分布および被害位置分布を示す。当該地区は地震後に地盤調査が行われ、地質分類に加えて人工改変マップが作成されており⁵⁾、ここに示す地質分類図は、通常の台地、低地等の区分に加え、宅地造成地などにみられる切土・盛土の分布を過去および現在の航空写真と国土地理院発行の地形図等から推定し、重ね合わせたものである。被害の凡例については本管および支管とは道路に埋設される導管で、ここでは本管は口径 80mm 以上、支管はそれ未満で区別した。供内管とは本支管から分岐して需要家のガス栓までをいう。

この図から、被害は台地や切土などの比較的硬質な地盤ではなく、地形の傾斜や地盤の硬さが変化する台地と低地または切土と盛土の境界付近、いわゆる不整形地盤部において多く発生する傾向があることが分かっている。また、ここで示す供給停止地区（緑ヶ岡・武佐）は釧路ガス全地区の需要家件数の約 13% に相当する非常に狭い地域であるのかかわらず、被害の発生件数は全体の約 60% を占めた。被害はねじ継手が大半であり、供給停止地区におけるその被害率は 1.28 件/km と供給継続地区で 0.15 件/km であるのに比較して約 9 倍の被害率となり、丘陵宅造地の影響を受けたことによるものと判定された。なお、前述した SGM 継手とほぼ同様な構造・耐震性能を有する LHP 継手は当該地区でも無被害であった

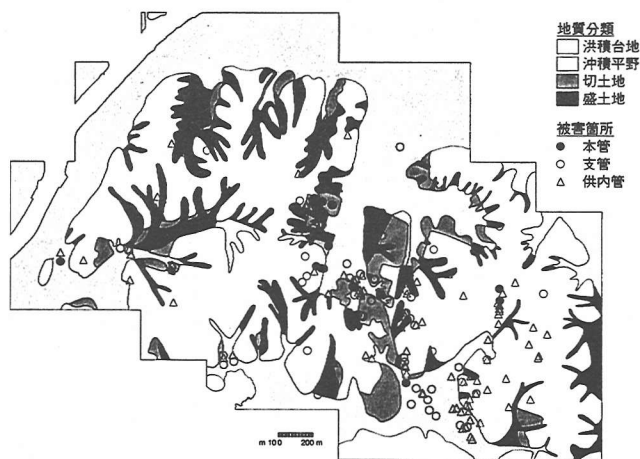


図-6 釧路沖地震におけるガス供給停止地区
での地質分布および被害位置

ことを付記する。

同図を GIS に登録し、併せて、標高データを入力することで洪積台地の面積比率および地形傾斜度を算出した。なお、標高データについては釧路市周辺の数値データが現時点では完備されていないため、ここでは平成 5 年国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 の地形図より数値化し、日本地図センター発行の数

値データと等質なデータを別途作成した。

本結果より、当該地区では洪積台地の面積比率は 48% であり、地形傾斜度は 4.7% となった。洪積台地は盛土地と切土地の面積比率が合わせて 18% であることを勘案すると実際は 50% 以上となるものと推定されること、地形傾斜度については、当該地区の面積が大阪ガスの神戸 4 ミドルブロックで対象としたセクター面積と比較すると 5 程度であり、面積の増加に伴い地形傾斜度が若干低くなることを考慮すると、先の簡易指標と符号し、よって丘陵宅造地である当該地区を説明できることから、その妥当性が検証された。

5. まとめ

丘陵宅造地に見られる傾斜地や盛土と切土が混在する地形・地盤条件下では、地震時、埋設管の被害が発生しやすいことが知られている。このような条件は、人工改変マップによって判定することが有効と考えるが、その一方で、マップを作成するには費用が莫大となること、また、定量的な判定が難しいなどの欠点がある。そこで、現在一般的に利用できる土地条件図および 50m メッシュの標高数値データを利用した簡易判定法を検討した。1995 年阪神大震災および 1993 年釧路沖地震での事例を検討対象とし、地理情報システムを用いた分析した結果、以下の知見を得た。

・阪神大震災での大阪ガス神戸 4 ミドルブロックにおいて、人工改変マップによる被害の影響度調査結果に基づき分析したところ、洪積台地の面積比率が 50% 以上でかつ地形傾斜度が 5 から 10% 以内となるエリアで被害率が高くなることが分かり、この簡易指標で人工改変マップによる判定と同等な結果を得られることが分かった。

・釧路沖地震で宅地造成地の影響によりガス導管の被害が多く発生した地区に適用したところ、本指標と一致することから、その妥当性を確認することができた。

謝辞：本分析を行うにあたっては、GIS による処理については、CRC 総合研究所の大野氏、大門氏、久保杉氏に、データの整理については、CSK 長野システムの茅野氏、大橋氏に、多大なるご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) ガス地震対策検討会編：ガス地震対策検討会報告書，1996
- 2) 日本ガス協会：一般（中・低圧）ガス導管耐震設計指針，1982
- 3) 日本ガス協会：ガス導管耐震設計指針の手引き，1995
- 4) 日本地図センター発行：数値地図
- 5) 日本ガス協会：釧路沖地震，北海道南西沖地震と都市ガス，1994