

金沢大学工学部 正 員 宮島 昌克

金沢大学工学部 正 員 北浦 勝

(株) 高松組 桐畑 俊彦

1. はじめに

1984年 5月26日に発生した日本海中部地震により、大規模な液状化が広範囲にわたり発生し、地中埋設管に大きな被害を与えた。さて、地震時における地中埋設管の被害予測に関する研究は種々なされているが、地盤の液状化を取り上げているものは少ない。このような観点から本研究では、液状化による被害が顕著であった日本海中部地震の際の能代市における震害資料をもとに要因分析を行い、地盤の液状化が地中埋設管の被害に及ぼす影響を定量的に捉えようと試みた。

2. 地中埋設管の被害率と各要因との関係

まず、能代市ガス水道局による資料より被害箇所数と敷設距離を管種、管径別に読み取り、被害率＝被害箇所数／敷設距離（箇所／km）を求めた。図 1は、管径と被害率の関係を管種をパラメタとして表したものである。従来の被害地震においては50mm～150mmといった比較的小口径の管で多くの被害が生じているが、同図においても同様の傾向を示している。しかしここでは、CIP管の400mm、450mmといった大口径管の被害率も高くなっている。ただし、これらの管路は敷設距離が短いので後述するようにデータの信頼性に問題が残る。

つぎに、143のボーリング柱状図をもとに地盤特性を求めた。本研究においては、対象地域を約500m x 500mのメッシュ（1／25000の地形図を縦横20等分したもの）に区切り、各データを整理している。図 2は、地下5mまでの平均N値と被害率との関係を示している。ガス管、水道管ともにばらつきが大きい、プロットした点を包絡するような曲線に着目すると、平均N値が小さくなるにしたがって被害率が大きくなる傾向にある。図 3は、地下水位と被害率との関係を示している。同図によれば、地下水位が-2.0m～-3.0mにおける被害率が大きくなっている。地中埋設管の埋設深さは一般に-1.5m～-2.0mであるから、地中埋設管の真下に地下水位がある場合に被害率が大きいということになる。

3. 数量化理論Ⅰ類を用いた分析

管路に関する各要因、地盤に関する各要因、地震動に関する各要因が、地中埋設管の破壊にそれぞれどのように影響を与えているのかを明らかにするために、数量化理論Ⅰ類を用いて解析を行った。管路に関する要因として管径、管種を、地盤に関する要因としてボーリング柱状図より容易に得ることのできる情報である地下5mまでの平均N値、地下5mまでの土質、地下水位を、地震動に関する要因として推定最大速度をそれぞれ用いた。推定最大速度の算出にあたっては、Kameda, Sugito and Goto¹⁾のアテニュエーション式を用いた。また、これらの要因の他に1メッシュ内の敷設距離も1つの要因として解析に取り込んだ。これは、本解析における目的変数である被害率は、その分母である敷設距離が長いほど信頼性の高いデータであると考えられるので、この分母の大小が被害率の大小に与える影響を明らかにしようとしたものである。カテゴリーの区分は、各カテゴリー間にデータがなるべく均等に分かれること、分析結果をもとにして他の地域の被害予測を試みる場合に扱い易いような規則的な区分になることに留意しつつ、各要因ごとに一元配置の分散分析を行い、それぞれ被害率との相関性を最大限に引き出せるような区分を設定し、いく通りかの組合せで解析を行った。表 1は、その中で予測式のあてはまりが最も良い、つまり、重相関係数が最も高くなるようなカテゴリー区分の組合せを用いた分析結果である。偏相関係数は、各要因間の被害率に及ぼす影響の大きさを示すものであるが、同表によれば、この値の最も大きな要因は地下水位である。これの次に地下5mまでの土質、地下5mまでの平均N値が続いており、地盤に関する要因が上位を占めていることは興味深

い。また、敷設距離の偏相関係数が最も小さく、管路に関する要因も小さい値となっている。

本解析においては地震動に関する要因として推定最大速度を用いたが、これを算出する過程においては表層地盤の特性も十分に考慮されてしまう。そこで、推定最大速度と地下5mまでの平均N値との相関性をみるためにクラマーのコンティンジェンシー係数を求めたところ0.70となり、両者の間の相関性が強いことが示された。地震動に関する要因は、いくつかの地震による被害を一括して分析する場合には重要となってくるが、ここでは、当然のことながらマグニチュードは等しく、震央距離にも大きな差はないので、この要因については特に考慮しなくてもよいと考えられる。そこで、この要因を除いて同様の分析を行ったところ偏相関係数の大小は多少異なるが、ここでも地盤に関する要因が上位を占めた。

以上のように、地下水位という要因が被害率に及ぼす影響が大きい、このことがすなわち、地盤の液化化が管路の破壊に深く関与していることを示唆しているといえよう。

参考文献

1) Kameda,H.,Sugito,M. and Goto,H. : Microzonation and Simulation of Spationally Correlated Earthquake Motions, Proc. of 3rd International Earthquake Microzonation Conference, Vol.III, pp.1463 ~1474, 1982.

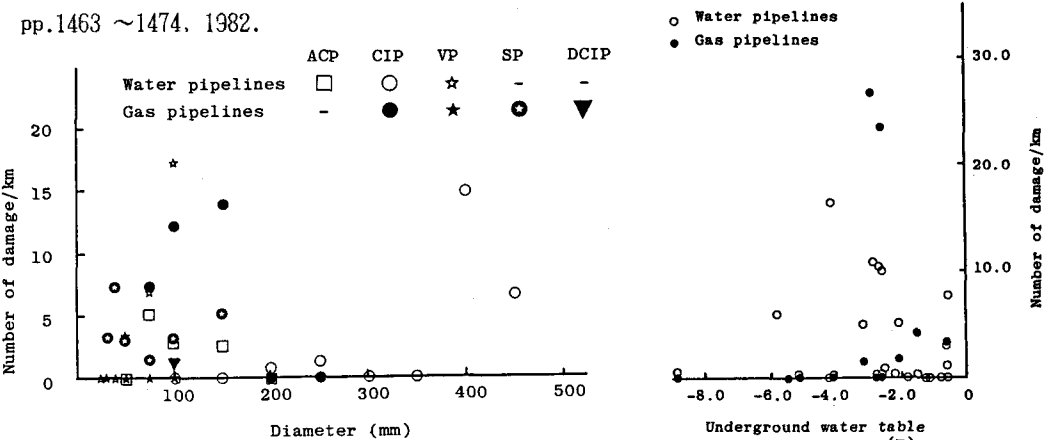


図 1 管径、管種と被害率との関係

図 3 地下水位と被害率との関係

表 1 数量化理論Ⅰ類による分析結果

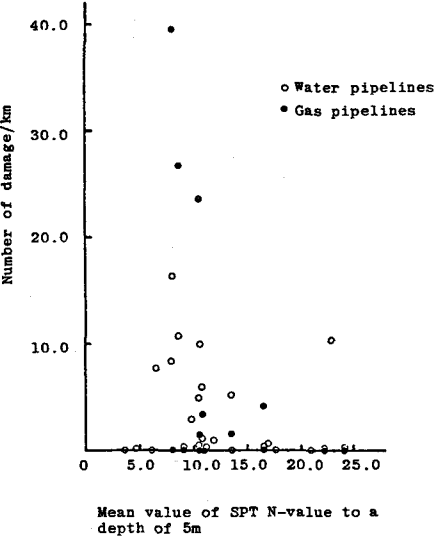


図 2 地下5mまでの平均N値と被害率との関係

要 因	カテゴリー	個数	カテゴリークラウド	偏相関係数
管 種	ACP	56		0.18390
	CIP	29		
	VP	27		
管 径 (φ) mm	φ ≤ 50	17		0.21584
	50 < φ ≤ 100	48		
	100 < φ ≤ 200	29		
	200 < φ ≤ 300	10		
	300 < φ ≤ 400	4		
地下5mまでの 平均N値 (N)	0 ≤ N ≤ 9	15		0.30430
	9 < N ≤ 11	48		
	11 < N ≤ 13	16		
	13 < N	33		
地下5mまでの 土 質	シルト系	3		0.32125
	細砂系	45		
	中砂系	46		
	粗砂系	11		
地下水位 (H) m	火山灰・粘土系	7		0.36720
	0 ≥ H ≥ -2.0	25		
	-2.0 > H ≥ -2.5	22		
	-2.5 > H ≥ -3.0	22		
推定最大速度 (V) km	-3.0 > H ≥ -4.5	21		0.36720
	-4.5 > H	21		
	25.0 < V ≤ 27.5	29		
	27.5 < V ≤ 30.0	48		
敷設延長 (L) km	30.0 < V	19		0.29208
	0 < L ≤ 0.1	23		
	0.1 < L ≤ 0.3	33		
	0.3 < L ≤ 0.5	26		
	0.5 < L	30		

偏相関係数 0.58779