

道路施設の震災危険度評価に関する研究

豊橋技術科学大学 学生員 ○吉田 正宏
 同 上 正 員 新納 格
 同 上 正 員 栗林 栄一

1. 序論

道路、地下埋設管などのライフライン施設は、言葉通り都市の生命線としての役割を有しており、その耐震性を知ることが必要である。また、ライフライン施設は線的に長く、面的に広く分布したシステムであり、多種多様な要素から構成されているため、被害予測は複雑で困難な問題をかかえている場合が多い。

したがって、本研究では、地震被害報告より数量化理論Ⅱ類¹⁾を用いて、道路構造本体および地下埋設管の被害についての要因の解析を行った。

2. 要因の選定

(1) 道路構造本体

1983年日本海中部地震被害報告²⁾をもとに要因の選択を行った。さらに被害地点のボーリングデータから0.3~10.0Hzの範囲で応答倍率を計算し、応答倍率のピークの数(ピーク数)、振動数(卓越振動数)、応答倍率(卓越振動数の時の応答倍率)を要因に含めた。アイテムと外的基準の独立性をカイニ乗値を求めることによって検定した。(表-1) 被害形態、被害程度両者に対して5%の有意水準を下回るアイテムはなかった。

(2) 地下埋設管

1978年宮城県沖地震被害報告³⁾をもとに要因の選択を行い、(1)と同様に独立性の検定を行った。(表-2) 5%の有意水準を下回る用途、地盤種別、加速度、造成地の有無、卓越周期、応答倍率は説明変数として採用するのは不適当と考えられ解析要因から除き、地盤種別を卓越周期によってさらに小さく分類し、地下埋設管を水道管とガス管に分けて解析を行った。

表-1 道路の被害形態および被害程度の変因の説明変数としての有意性の検定

アイテム	X ² 値	自由度	X ² (0.05)	X ² /X ² (0.05)	有意性	
被害形態	1.ピーク数	6.162	3	7.815	0.788	×
	2.振動数	11.622	3	7.815	1.487	○
	3.応答倍率	14.365	3	7.815	1.838	○
	4.表層地質	46.563	3	7.815	5.958	○
	5.道路構造	3.527	3	7.815	0.451	×
被害程度	1.ピーク数	12.411	3	7.815	1.586	○
	2.振動数	2.234	3	7.815	0.288	×
	3.応答倍率	11.691	3	7.815	1.498	○
	4.表層地質	14.172	3	7.815	1.813	○
	5.道路構造	16.465	3	7.815	2.107	○
	6.被害形態	9.835	3	7.815	1.258	○

表-2 地下埋設管の被害の変因の説明変数としての有意性の検定

アイテム	X ² 値	自由度	X ² (0.05)	X ² /X ² (0.05)	有意性
1.用途	3.431	1	3.841	0.893	×
2.本管支管の別	35.833	2	5.991	5.981	○
3.材質	42.477	6	12.59	3.374	○
4.管径	189.48	8	15.51	12.22	○
5.掘削	10.278	1	3.841	2.678	○
6.地盤種別	4.096	3	7.815	0.524	×
7.表層地質	25.789	5	11.07	2.330	○
8.地形	34.442	5	11.07	3.111	○
9.加速度	3.723	2	5.991	0.614	×
10.造成地の有無	1.891	1	3.841	0.492	×
11.卓越周期	2.888	2	5.991	0.448	×
12.応答倍率	4.161	2	5.991	0.695	×

3. 解析結果

(1) 道路構造本体

被害形態および被害程度に対するアイテム別カテゴリー得点を表-3に示す。どのような特性が外的基準の各グループの差異に強い効果を与えているのかは、偏相関係数によって知ることができ、被害形態では、伝達関数によって求められる3つのアイテム、被害程度では、構造形式が高い相関を示している。相関比は、被害形態および被害程度についてそれぞれ0.391および0.850であり、被害形態の推定に対しては、本解析に用いた要因だけでは不十分な面がある。

(2) 地下埋設管

ガス管、水道管に対するアイテム別カテゴリー得点を表-4、表-5に示す。外的基準の各グループ

の差異に強い効果を与えているのは水道管では破壊箇所であり、ガス管では破壊箇所、管種、管径である。ガス管の台地、2種地盤でのカテゴリ得点が他と比べて大きいのは、それに属する破壊数が少ないためである。水道管では、カテゴリ値が負の側では切損を示し、正の側ではゆるみを示す。ガス管では、負の側では抜け出しを示し、正の側では切損を示す。全アイテムと破壊形態は高い相関を示し、本解析に用いた要因を知ることで、破壊が生じた場合の破壊形態を推定することができる。

4. 結論

被害報告から得られた情報をもとに道路構造本体、水道管、ガス管の被害に対する要因の分析を行った結果次のような結論を得た。

- (1) 道路構造本体の被害形態は、地盤の伝達関数に依存性が高い
- (2) 道路構造本体の被害程度は、道路構造に依存性が高い
- (3) 地下埋設管の破壊形態は、破壊箇所、管種、管径に依存性が高い

本研究は、宮城県沖地震、日本海中部地震の被害報告から得られた情報だけで要因の解析を行ったものであるが、今後他の地震による被害報告を含めた要因の解析を行う必要がある。

道路、地下埋設管の被害について詳細に記載されている報告書は少なく、今後上記の要因を考慮した被害調査報告が行われることが望まれる。

参考文献

- 1) 田中 豊 他: パソコン統計解析ハンドブック II 多変量解析編, pp. 270-295, 1984
- 2) (株) 応用地質調査事務所: 1983年5月26日 日本海中部地震被害調査報告所, 1984. 1
- 3) 建設省土木研究所, (株) 応用地質調査事務所: 宮城県沖地震の公共施設被害の相関分析に関する業務 報告書, 昭和54年1月

表-3 被害形態および被害程度に対するアイテム別カテゴリ得点

被害形態の推定				被害程度の推定			
カテゴリ	頻度	カテゴリ値	相関係数(レンジ)	カテゴリ	頻度	カテゴリ値	相関係数(レンジ)
パイプ状	1	75	-0.717	パイプ状	1	75	0.084
	2	18	0.857		2	18	-0.170
	3	29	0.896		3	29	-0.048
	4	4	3.080		4	4	-0.088
切損	~0.5	29	2.423	ゆるみ	~0.5	29	-0.090
	0.5~0.8	56	0.960		0.5~0.8	56	0.073
	0.8~1.0	19	-0.959		0.8~1.0	19	-0.029
	1.0~	22	-4.810		1.0~	22	-0.043
ゆるみ	~9.0	8	-0.873	切損	~9.0	8	0.078
	9.0~12.0	42	0.001		9.0~12.0	42	0.001
	12.0~15.0	64	-0.913		12.0~15.0	64	-0.013
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	0.020
切損	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.391
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	切損	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	-0.234
	15.0~	14	2.498		15.0~	14	1.328
ゆるみ	9.0~11.0	41	-1.351	ゆるみ	9.0~11.0	41	-0.772
	12.0~15.0	64	0.472		12.0~15.0	64	