

I-B453

## 丘陵地における斜面地盤変位モデルに関する考察

NTTアクセス網研究所	正会員 正会員 正会員 フェロー 正会員	奥津 又木 本田 中野 鈴木
NTT関西支社 東洋大学工学部	大治 慎治 健一 雅弘 崇伸	

## 1.はじめに

平成7年兵庫県南部地震では、通信用管路設備も神戸市内を中心大きな被害を受けた。NTTアクセス網研究所では、神戸市地域の通信管路設備ルート周辺地盤の永久変位を航空写真測量により分析した。対象は105路線（総延長約47km）で、地震前後の航空写真から管軸・軸直角・垂直方向変位量を測定し、各方向について相対変位、ひずみを算出した。そして、測定対象地域を埋立地・沖積低地・丘陵地の3種に分類し、地域毎の地盤変位と通信用管路設備の被災との関連性について比較検討を行った。ここでは、丘陵地における地盤変形外力モデルの提案及びこれを用いた現在開発中の中口径管路の地盤変形に対する耐震性評価結果について報告する。

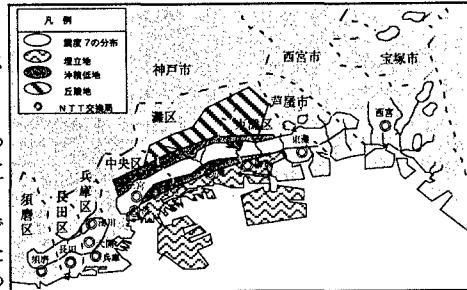


図1 測量対象地域の地域分類

## 2.航空写真測量結果の概要

地震前後の航空写真を用いて地盤変位を測定した。具体的には、マンホール（以下、MH）及びMH中間点の周辺で4点程目標物を選定し、その測定結果をMH座標について補完した二次データとして算出して、これをベクトルデータとして得た。相対変位、ひずみについてはこのデータより算出した。測定誤差は、水平0.11m、垂直0.15mである。対象地域の概要を図1に示す。

管軸・軸直角・垂直3方向の絶対変位の地域毎の統計値を表1に示す。埋立地の変位が大きく、特に護岸近傍で大きな変位が記録されたことから水平面内での値が大きくなっていた。比較的条件がよいと考えられる丘陵地でも、絶対値平均、最大値とも沖積低地と同等かそれ以上の値であった。

## 3.通信用管路設備のマクロ被災分析

管路の被災把握の現地調査には、マンドレルという管路内空間を検査する機器を主に使用し、部分的にパイプカメラを用いて詳細な被災状況を点検した。全般的な被災傾向を表2に示す。表中の「補正後の被災率」は金属管の錆などによるマンドレルの不通過について補正したものである。被災率は埋立地>沖積低地>丘陵地の順で、いずれにおいても20%を越えており、地域による優位差は小さい。

## 4.丘陵地における地盤変位の検討

これまでの地震では液状化による被災に注目が集まる傾向があったが、①今回丘陵地においても20%以上の被災があったこと、②埋立地ほどではないが沖積低地とほぼ同等の地盤変位があったことから、今後、通信用管路設備の主要ルートに適用を予定している中口径管路の耐震性評価にあたり、丘陵地に着眼して地盤変位モデルの検討を行った。

## 4.1.地盤変形外力のパターン分析

今回は管軸・軸直角・垂直の3方向のうち管軸方向についての分析結果について述べる

MH-MH間をMH中間点で分割した2区間を1組とすると管軸方向ひずみの出現パターンは図2のような4通りになる。縦断図に基く詳細分析を行う路線を絞り込み、7路線21MH区間にについてこのパターンの出現頻度を検討した結果、表3の通りc>a>d>bの順で出現することがわかった。

表1 絶対変位の統計値の地域別比較

	管軸 方向	絶対変位(m)		
		軸直角 方向	垂直 方向	
埋立地	平均	0.02	0.43	-0.01
	標準偏差	0.37	0.81	0.27
	絶対値平均	0.28	0.63	0.22
	最大値	1.30	2.35	0.55
	99%上限	0.97	2.51	0.69
沖積低地	平均	-1.04	-0.14	0.13
	標準偏差	0.22	0.21	0.37
	絶対値平均	0.17	0.18	0.30
	最大値	0.79	0.64	0.93
	99%上限	0.59	0.68	1.08
丘陵地	平均	0.09	-0.44	0.32
	標準偏差	0.32	0.20	0.16
	絶対値平均	0.25	0.44	0.32
	最大値	0.68	0.83	0.64
	99%上限	0.92	0.95	0.73

表2 地盤分類毎の被災率

分類	被災有	被災無	小計	被災率 (%)	補正後の 被災率(%)
埋立地	72	81	153	47.1	31.4
沖積低地	92	116	208	44.2	29.8
丘陵地	32	55	87	36.8	22.1
全体	196	252	448	43.8	28.8

keywords : 兵庫県南部地震 地盤変位 地盤変形外力 丘陵地

連絡先 : 茨城県つくば市花畑1-7-1 TEL.0298-52-2543 FAX.0298-52-2676

#### 4.2. 地盤変位量の統計分析

管路の耐震性評価に用いる地盤変位量を設定するため、対象路線についてさらに50m等距離毎に地盤変位の分析を行った。この結果を基に、耐震性評価の検討対象としている中口径管路設備の標準MH区間長200mをふまえ、50、100、150、200mピッチでの測定区間の変位量を統計的に分析した。表4に例として管軸方向の相対変位の統計値を示す。これによると最大地盤変位量は、統計的に考えられる上限値より、aパターンは100mピッチで0.55m、c、dパターンは200mピッチで0.46mが得られる。

#### 4.3. 地盤変位のモデル化

パターン及び変位量の分析結果に基づき耐震性評価の外力モデルを次の通りとした。外力パターンは発生頻度が少ないbパターンを除くa及びc、dの3パターン、最大地盤変位量は統計分析結果を踏まえ0.5mとし、その前後の0.4、0.6mを加えた3水準について評価することとした。

#### 5. 丘陵地での地盤変状に対する耐震性検討

解析に用いる管路モデルは、弾性体の管体を継手バネで連結し、MHは地盤とともに動くものとし、一般地盤バネで支持された管路-MH系のモデルに強制変位を与えるものとした。解析に用いた管体及び地盤に関する諸数値を表5に示す。

解析により得られた地盤変状外力による各パターンの最大応答値を表6、7に示す。また、図4に解析結果の例としてcパターン、最大変位0.5mの場合の軸力分布を示す。どの検討パターンにおいても応答値は評価基準値を下回った。特にaの引張領域及びdパターンについては軸力が非常に小さい。これは、継手の伸び吸収能が1%であるのに対して最大地盤変位量が0.6mの場合でもMH-MH区間200mにおける地盤ひずみが0.3%であることから説明できる。圧縮領域についても、最大応答値はいずれのケースでも評価基準値を下回っている。

#### 6.まとめ

神戸市地域の通信用設備ルート周辺の地盤の永久変位を航空写真測量により求め、地域を3種に分類し検討したところ、丘陵地において比較的大きな変位が発生していることが判明した。また、既往の大地震では液状化地域における被害が顕著であり注目を集めてきたが、兵庫県南部地震では丘陵地においてもガス、上下水道などのライフラインの埋設管の被害が報告されており、通信用管路設備についても被災率が20%を越えていた。これらを踏まえ、丘陵地における中口径管路設備の耐震性評価を行うにあたり管軸方向についてひずみのパターン及び出現頻度から地盤変状外力モデルを3パターン設定した。また、最大地盤変位量は統計分析から0.4、0.5、0.6mの3水準について解析を行った。

今回のモデルに関する解析結果によって、中口径管路の耐震性を確認することができた。今後は更にデータ収集を行い斜面地盤変位モデルの一般化に向けて検討を継続することしたい。

最後に、本検討を進めるにあたりご指導頂いた神戸大学高田至郎教授に深く感謝の意を表す。

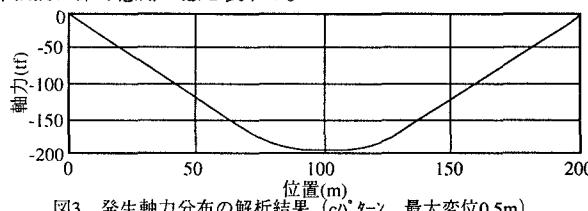


図3 発生軸力分布の解析結果 (cパターン 最大変位0.5m)

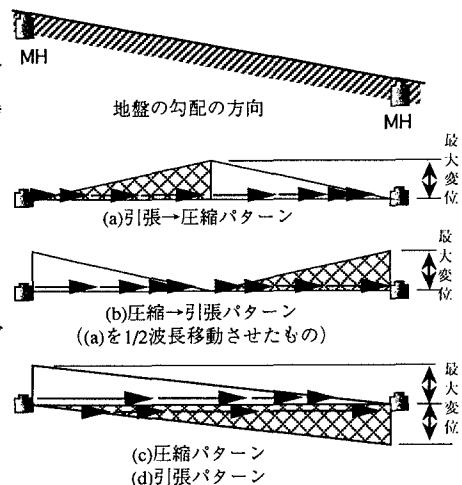


図2 丘陵地における地盤変状モデル

表3 管軸方向ひずみの出現パターン

	(a)引張 →圧縮	(b)圧縮 →引張	(c)引張	(d)圧縮	合計
MH区間数	7	2	8	4	21
出現頻度(%)	33.3	9.5	38.1	19.0	100

表4 丘陵地においてピッチを変化させたときの管軸方向相対変位の統計値

	管軸方向相対変位(m)			
	50m ピッタ	100m ピッタ	150m ピッタ	200m ピッタ
平均	0.02	0.06	0.08	0.15
標準偏差	0.27	0.22	0.24	0.21
絶対値平均	0.13	0.15	0.17	0.19
最大値	0.50	0.55	0.52	0.46

表5 解析に用いた諸数値

中口径管路 管体特性	地盤反力モデル			
	管長(m)	呼び径	断面積(cm <sup>2</sup> )	材料規格
	2.5	300	104.4	FCD420
				降伏応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
				2.600
				k <sub>f</sub> (kgf/cm <sup>3</sup> )
				δ <sub>f</sub> (cm)
				q <sub>f</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
				0.7
				0.28
				0.2

表6 丘陵地の地盤変状最大応答軸力  
aパターン

	最大地盤変位量(m)			管体部限界耐力	管体部許容応力度相当
	0.4	0.5	0.6		
一般部	圧縮	145.7	167.3	187.8	360
	引張	2.0	2.1	2.3	81
ターブル スリープ	圧縮	4.6	36.8	66.2	110
	引張	0.2	0.2	0.2	97
					266

表7 丘陵地の地盤変状最大応答軸力  
c、dパターン

	最大地盤変位量(m)			管体部限界耐力	管体部許容応力度相当
	0.4	0.5	0.6		
一般部	圧縮	157.9	194.6	221.4	360
	引張	1.6	1.8	1.9	81
ターブル スリープ	圧縮	1.8	2.7	3.7	110
	引張	0.1	0.1	0.1	97
					266