

東京電力(株) 正員 吉井幸雄

" " 大塚正博

1. はじめに

電力供給管のひとつであるパイプ型ケーブル(アルミ合金製、 $D=350$ 、 $t=5\text{mm}$)を用いた地中送電線路を変電所構内に約200mにわたって布設した。建設地点は軟弱地盤であることから、地盤沈下対策として約70mの支持杭を打設した。本報告では、この配管系について、杭-地盤の相互作用と考慮した下部構造の解析を含む地震時の動的挙動を次の点に着目して検討した。①杭頭の応力と変形 ②伸縮継手(アルミベローズ)の応力と変形 ③地上部と地中部との境界部の鉛直配管部の応力と変形 ④配管系の応力と変形(支持架台の位置・構造等を含む)

2. 解析モデル

本ケーブルの布設方式は、図-3に示すように、地上にコンクリートベースと敷設し支持架台を介して配管する地上布設部と地中の洞道内の支持架台を介して配管する洞道布設部とがあり、配管系と土木構造物とは、質量及び剛性のオーダーが極端に異なるため数値解析上不安定になり易い系であること。また、変電所構内という狭い範囲では位相差の影響は小さいこと等からここでは、応答段階別に3ステップ(基盤-杭-地盤系、杭頭-ベース系、ベース-架台-配管系)に、更に、図-4~6に示すように平面的にA、B、Cの3ブロックに分割し、それぞれ集中質量系にモデル化した。各質点の自由度は、 X 、 Y 方向の水平方向2自由度とした。なお、各段階の応答計算では、前段階の応答加速度を入力加速度とした。図-2には杭-地盤系の解析モデルを示すが、これは、せん断モデルに置換した自由地盤系に杭と一体となつて動く周辺地盤と他の地盤相互のせん断バネと付加した *Penggen* 型のモデルであり、相互作用バネ定数、付加質量及び当価粘性減衰定数の算定は、*Mindlin* のオ II 解と利用し、他の系と置換質点系の運動エネルギーと等置することにより求めた。入力地震波は、*ELCENTRO '40 NS* 及び *HACHINŌHE '68 EW* を考え、基盤入力最大加速度は 150gal とした。なお、伸縮継手の剛性の評価及び応力のチェックには竹園の方法を採用した。

3. 解析結果と考察

表-1~2に解析結果の概要を示すが次のようなことが確認できた。(1)地盤の応答は、せん断1次振動が卓越しており、他の変位応答はハブ波で最大となる。(2)各構造物系の変位は地盤系とはほぼ同位相であり、杭の有無の影響を受けず、杭-地盤の相互作用の影響は小さいと考えられる。一方、加速度応答は、杭系の固有値が卓越しているため、上部構造系の応答に影響を及ぼす。例えば、Cブロックのスラブでは杭間隔 l が大きいため、(Aブロックでは、 $l=12\text{m}$ 、Bブロックでは、 $l=6\text{m}$ 、Cブロックでは、 $l=22\text{m}$)スラブ固有の振動が観察された。(3)鉛直配管部・伸縮継手部等に注目した配管の応力・変形は小さく(2.9MPa程度の軸方向応力度)、充分許容値内に納まっている。また、最大軸方向応力も固定架台の働きにより、5.9MPa程度である。(4)各ブロック毎のベース相互の相対変位は、配管の曲げ変形で吸収する設計であるが、許容応力内で充分吸収しており、伸縮継手部で吸収するより安全性が高い構造系であると考えられる。

4. 結語

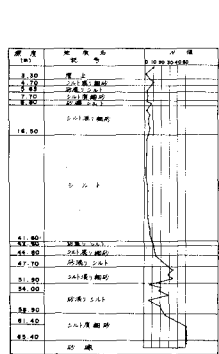
本系のように質量や剛性に大きな変化のない配管系では、剛性・質量分布による動的応答の変化を問題にする必要はなく、配管で結ばれた質点の応答に配管が追随できるかどうかのチェックが妥当であると考えられる。即ち、平面的な位相差を考慮した形式で地盤系の応答と評価し、配管系には、この変位を吸収できるかどうかの検討が必要であると考えられる。

5. あとがき

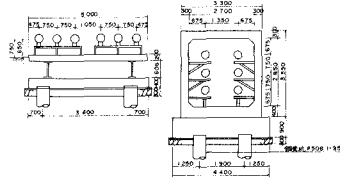
上記構造物完成後、以下に示す点の加速度・変位と実測し、今後の耐震解析の資料とするために地震計を設置したので、良い結果が得られたら、いずれかの機会に発表したいと思う。

- ①基盤 (GL-70m東京線層) ②地中 (GL-10m) ③地表面 (GL-1.0m) ④杭頭 ⑤洞道下床部 ⑥管体部
 〈参考文献〉

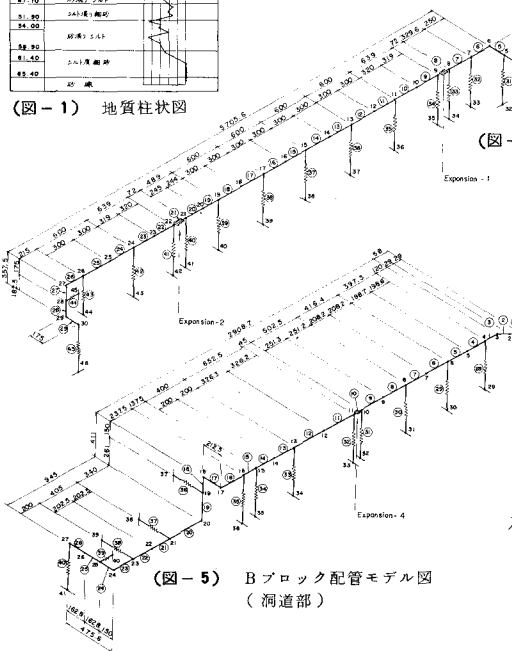
(1) 村村義広、軟弱地盤における長尺支持ぐい基礎の地震時振動性状に関する研究、早稲田大学学位論文



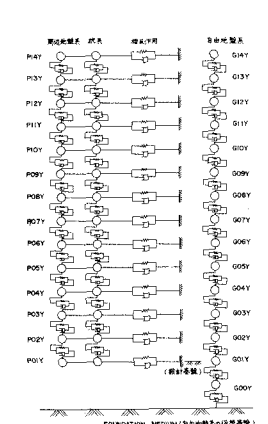
(図-1) 地質柱状図



(図-3) 地上布設部 (Aブロック) 及び
洞道布設部 (Bブロック) 標準
断面図



(図-4) Aブロック配管モデル図
(地上布設部)



(図-2) 抗-地盤振動モデル図

(表-1) 地盤-抗系の最大応答一覧表

項目	単位	地盤系		抗系		地盤-抗系	
		加速度	変位	加速度	変位	加速度	変位
1次 (rad/sec)		2.3	4.0	1.62	1.14	4.62	
2次 (rad/sec)		6.6	8.99	1.93	20.4	8.99	
3次 (rad/sec)		9.8	9.99	2.08	21.2	9.99	
4次 (rad/sec)		13.1	10.17	2.19	22.8	10.17	
5次 (rad/sec)		17.3	10.37	2.39	25.4	10.38	
1次 (10 ⁻³ sec)		26.27	14.3	3.86	5.47	13.0	
2次 (10 ⁻³ sec)		9.45	7.0	3.24	3.07	7.0	
3次 (10 ⁻³ sec)		9.30	6.3	3.05	3.05	6.3	
4次 (10 ⁻³ sec)		4.77	6.3	2.87	2.75	6.2	
5次 (10 ⁻³ sec)		3.63	6.1	2.63	2.47	6.1	
変位		29.3	20.6	21.3	21.4	20.5	
変位		5.94	5.99	6.15	6.12	5.99	
変位		5.42	5.95	6.10	6.22	5.94	
変位		14.77	14.59	15.05	15.10	14.60	
変位		20.81	62.23	56.75	47.68	64.53	
変位		461.0	573.9	554.7	450.0	572.0	
変位		5.82	6.26	1.960	4.79		
変位		7.51	61.9	201.7	63.5		

(表-2) スラップ基礎-架台-配管系の最大応答一覧表

計算区分	スラップ	Aブロック		Bブロック		Cブロック	
		配管	配管	配管	配管	配管	配管
		加速入力	加速入力	加速入力	加速入力	加速入力	加速入力
円筒	1次 (rad/sec)	3055	642	1146	424	897	
円筒	2次 (rad/sec)	3427	954	3316	1398	126.0	
円筒	3次 (rad/sec)	4693	983	5604	2197	141.3	
円筒	4次 (10 ⁻³ sec)	2.1	98	55	47	148	7.0
円筒	5次 (10 ⁻³ sec)	1.8	56	19	44	4.5	5.0
円筒	6次 (10 ⁻³ sec)	1.3	64	11	43	2.9	44
スラップ	EL-CENTRO cm	208	214	215	214	209	214
スラップ	HACHINOHE cm	599	616	615	663	612	609
スラップ	EL-CENTRO cm/s	59.5	62.2	62.2	62.2	82.5	82.6
スラップ	HACHINOHE cm/s	1459	1512	1517	1511	1469	1511
スラップ	EL-CENTRO cm/s ²	6280	8921	8921	5477	4802	18180
スラップ	HACHINOHE cm/s ²	5756	8151	8734	5687	4957	6456
スラップ	EL-CENTRO MPa	37	5.0	0.9	0	1.8	2.6
スラップ	HACHINOHE MPa	31	5.5	1.7	0	1.1	23
スラップ	EL-CENTRO MPa	0	0.3	14	0	0.3	19
スラップ	HACHINOHE MPa	0	0.3	14	0	0.1	12