

福山大学工学部 正員 梅田 眞三郎
 関西大学工学部 正員 田中 茂
 神戸大学工学部 正員 沖村 孝

1. まえがき

本研究は、神戸市内のある造成地の地盤変位発生後長年月に亘って神戸市が田中の指導の下に観測してきた降雨、地下水位、湧水量、地盤変動のデータを使用し、各種の統計解析から地盤変動と水文諸量との関係について考察したものである。図-1にその造成地の平面図を示す。

2. 各種の観測結果

地盤変動は、1号線から8号線までの測線を設け、それぞれの測線内で数点の測点を設置し、合計175測点で変動を測定した。地下水位、湧水量はそれぞれ鉛直ボーリングと横ボーリング孔を利用して観測した。なお、降雨量はこの位置より約5Km西にある神戸海洋気象台の降雨記録を用いた。

それぞれの変動量は、地盤変動が1月毎、地下水位が自記記録、湧水量(ℓ/min)は毎週1回観測されている。以下の解析にはすべて月毎のデータを用いた。地下水位と湧水量におけるこの値としては月の最大値、降雨量は月の総雨量を用いることにした。地盤、地下水位、湧水量および降雨量の昭和49年1月から3年間の月変動をプロ

ットした1例を図-2に示す。なお、これらの測点の位置は図-1に示している。

図-2に示す地盤変動は、図-1に示したベンチマークに対してそれぞれの測線の基準地盤高からの相対変動量をmm単位で表わしている。この図から明らかのように、基準地盤高の高い8号線の測点2(8-2)と18(8-18)の変動が大きい。それに対して5号線と7号線の5-11と7-Jは、8号線の地盤の上昇時には下降し、その下降時には上昇し8号線とは全く反対の変動パターンを示している。一方、1号線は比較的変動が小さく、また1-WTは地盤の上昇、下降量がほぼ同程度である。

これらの地盤変動と降雨、地下水位と湧水量の変動を比較すると、地下水位や湧水量が降雨に対してす

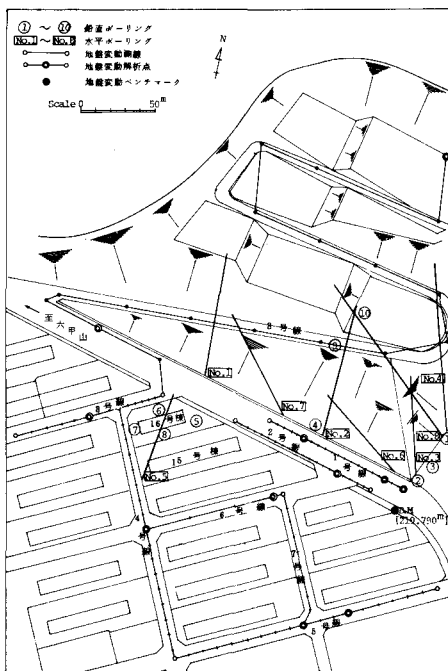


図-1 平面図及び観測位置図

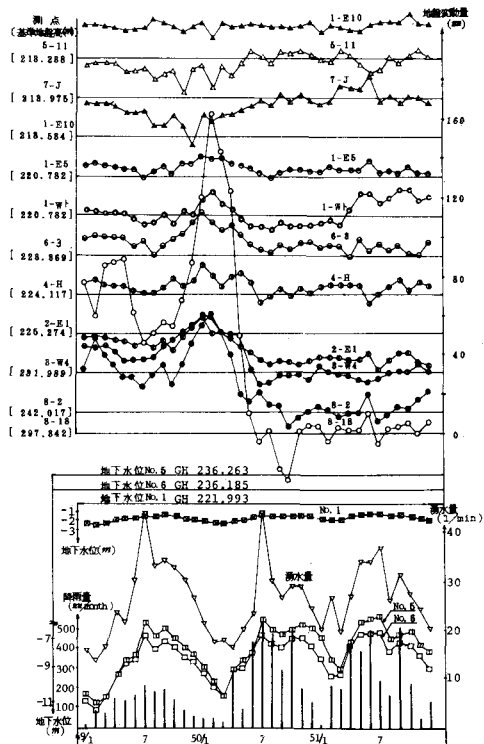


図-2 各種の観測例

ぐに回答し、それぞれにも上昇を示しているが、ほしんじの地盤変動はこれとは逆に雨期に下降し乾期に上昇する特異な季節変動がみられることがその特徴である。

3. 各種の解析結果と考察

図-2に示す16変量の3年間のデータに関して相互相関係数を調べてみた結果が表-1である。ただし、降雨に対しては1ヶ月前のデータとの相関が一番高かったのでその結果を表に示している。

この結果をみると、地盤変動間では2-E1、3-W4、6-3、8-2、8-18のそれぞれの相関が高い。それらに対して5-11と7-Jは夏の相関となっている。

表-1 相関係数

ところが、1号線のそれらは他の変動量との相関性がかなり劣る。特に1-Wtは、じれどもほとんど相関性がみられない。

	1-Wt	1-E5	1-E10	2-E1	3-W4	4-H	5-11	6-3	7-J	8-2	8-18	9-15	10-10	11-5	12-0	13-5	14-0	15-5	16-0
1-Wt	1.00																		
1-E5	-0.42	1.00																	
1-E10	-0.13	-0.03	1.00																
2-E1	-0.17	-0.71	-0.19	1.00															
3-W4	-0.16	-0.64	-0.27	-0.89	1.00														
4-H	-0.24	-0.37	-0.14	-0.54	-0.68	1.00													
5-11	-0.21	-0.33	-0.37	-0.54	-0.57	-0.09	1.00												
6-3	-0.19	-0.62	-0.30	-0.73	-0.80	-0.68	-0.37	1.00											
7-J	-0.15	-0.19	-0.14	-0.63	-0.72	-0.33	-0.60	-0.51	1.00										
8-2	-0.18	-0.69	-0.24	-0.92	-0.88	-0.46	-0.59	-0.72	-0.64	1.00									
8-18	-0.19	-0.65	-0.30	-0.89	-0.89	-0.50	-0.62	-0.75	-0.63	-0.93	1.00								
9-15	-0.03	-0.44	-0.09	-0.55	-0.48	-0.33	-0.11	-0.37	-0.23	-0.61	-0.53	1.00							
10-10	-0.14	-0.57	-0.10	-0.55	-0.56	-0.51	-0.08	-0.48	-0.18	-0.60	-0.59	-0.90	1.00						
11-5	-0.08	-0.53	-0.16	-0.59	-0.58	-0.55	-0.07	-0.49	-0.19	-0.61	-0.64	-0.88	-0.97	1.00					
12-0	-0.17	-0.48	-0.09	-0.34	-0.41	-0.56	-0.14	-0.41	-0.52	-0.36	-0.42	-0.70	-0.84	-0.84	1.00				
13-5	-0.12	-0.34	-0.16	-0.50	-0.66	-0.48	-0.25	-0.49	-0.46	-0.52	-0.57	-0.49	-0.61	-0.55	-0.52	1.00			

次にこれらの3年間の変動量に連環比指数法を適用して季節指数を求めた結果の一例が図-3である。これらの結果をみると、今回観測された地盤変動は、降雨・地下水位変動パターンと異なった季節変動を示していることが明らかである。また図-3でわかるように地盤変動は降雨・地下水位変動とは変動の振幅に差はあるが、約5ヶ月の

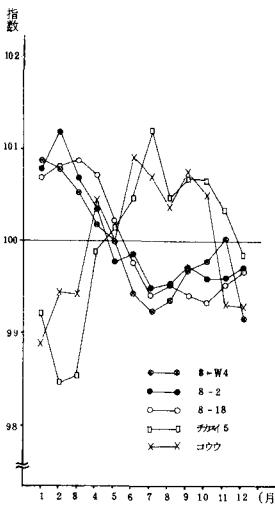


図-3 季節指数

表-2 各主成分に対する因子負荷量、固有値、累積寄与率

主成分	因子負荷量																固有値	累積寄与率
	1-Wt	1-E5	1-E10	2-E1	3-W4	4-H	5-11	6-3	7-J	8-2	8-18	9-15	10-10	11-5	12-0	13-5		
第1主成分	.22	.73	-.26	.89	.92	.68	-.48	.80	-.58	.91	.92	-.73	-.80	-.80	-.64	-.69	8.31	59.5
第2主成分	.02	.04	.27	-.27	-.29	.17	.75	-.19	.61	-.27	-.28	-.50	-.57	-.55	-.72	-.11	2.40	77.0
第3主成分	.88	.46	.40	.06	-.00	.09	-.04	.09	.50	.01	.00	.25	.09	.15	.00	.14	1.36	86.7

位相差を示す周期的な変動をそれぞれ示していることが判明した。

このような特異な季節変動や比較的狭い地区にもかかわらず場所的に異なった変動特性を示す今回の観測変量に主成分分析を適用してみた。その結果、累積寄与率から第3主成分までとりあげ、それぞれの主成分に対する因子負荷量を表わしたのが表-2である。その主成分の解釈に関して第1主成分は、季節変動の大きさを表わす因子であるとともに当地区の地盤変動パターンをも表わしていると考えられる。第2主成分については、湧水量及び地下水位変動と類似の季節変動を示す5号線や7号線の地盤変動量との因子負荷量が大きいことから、地下水位変動に比較的即応する水文学的条件に関連した因子と推定される。第3主成分に関しては、1-Wtの因子負荷量が飛び抜けて大きいこと及び1号線の変動状況やその他の相関性を考慮すると、その因子は当地区の地盤変動に対して中間変動あるいは遷移変動とも言うべきものの変動特性を表わすものと推定される。

さらに前述の季節指数法で地盤変動が他の変動に対して長期的な影響をうけていることが想像されるので、その影響を調べるためにさらに1年余りのデータを加えて相互相関分析を試みた。その結果、ラグに対する相互相関係数の変化の一例を図-4に示す。それぞれの相互相関係数の値の変化から、地下水位は降雨に対して1ヶ月遅れで影響が大きいことが考えられる。

図-4 相互相関係数の変化の一例。この図は、地下水位の変動が降雨の変動に対してどのくらい遅れて影響を受けるかを示している。x軸はラグ（月）を示し、y軸は相互相関係数（Cov/Covmax）を示す。データは、コウウ（降雨）とナカミ5（地下水位）の2つの系列が示されている。ナカミ5の相関はコウウよりも約1ヶ月遅れてピークを達成している。

なお、貴重な観測資料を提供して下さった神戸市開発局の諸氏に感謝の意を表わします。