

地下ダムの有効性について

京都大学工学部 正会員 松尾 新一郎
 京都大学工学部 正会員 青木 一男
 京都大学大学院 学生員 内山 雄一郎

1. まえがき —— 最近、水資源開発のひとつとして、地下ダムが脚光をあびている。水資源開発には、いろいろな手段があるが、小半島や小島においては、降雨の集水面積に限りがあり、大きな河川もないため、河川ダムなどの手段では困難と考えられる。このような小半島、小島において地下ダムが有効と考えられる。そこで本報告では、福井県常神半島を例にとり、地下ダムの可能性について検討した結果を示す。

2. 地質・水文性状 —— 対象地域は、大部分古生層（二畳紀）で構成され、その他の地層としては、崖錐堆積物、海浜堆積物などの沖積層が、僅かに分布するにすぎない。

ここで、ボーリング調査の結果求められた地質柱状図を、図-1に示す。これによって、対象地域の地質の特徴は以下のものである。まず、基盤岩は、古生層の粘板岩・チャート・砂岩・凝灰岩からなり、その深度は、16～19mである。また、基盤岩の風化帯は、2～3mと薄い。被覆層は、レキ混り粘土、岩片混り粘土やレキ層からなる。これらは、いずれも後背山地からもたらされた崖錐扇状地性のもので、レキの分級淘汰の程度は低く、混然と堆積したもので、明瞭な区分はできない。

表-1は、1941年から1970年までの三方地区の平均月間降雨データを示す。また、現場揚水試験の結果、対象地域の透水係数は、 $10^{-2}\text{cm/sec} \sim 10^{-4}\text{cm/sec}$ であると推定される。

3. 開発水量の算定 —— 解析手法として、平面2次元地下水流に関する有限要素法による定常解析を行ない、対象領域の現状シミュレーションを行なった。定常解析における境界条件は、谷が地下水盆の領域と接するところで、降雨が領域内に流入するものとみなす。よって、この領域地点で、それぞれの水位を固定する。また、下流側境界においては、その水位を海水面と同じとみなし、ゼロとした。

これらの境界条件とする水位を保つために、地下水が流入したりするので、その水量を算定できる。ところで、領域全体に降る降雨量は、年平均2521mmであり、この降雨に

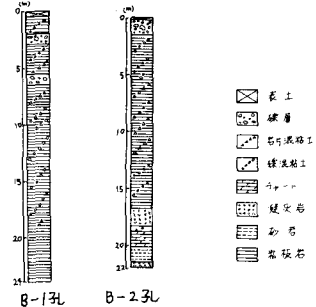


図-1 地質柱状図

表-1 月別降雨量

月	1	2	3	4	5	6
降雨量	296	227	168	139	144	203
月	7	8	9	10	11	12
降雨量	219	150	294	210	179	280

表-2 流入量

流入量	3.8	5.6	5.9	7.7	8.0	9.9	10.1	12.1
流量 (cc/sec)	0.17	0.27	0.19	0.36	0.14	0.18	0.41	0.55
流量 (cc/sec)	122	123	124	125	126	127	135	136
流量 (cc/sec)	125	126	127	128	129	130	131	132
流量 (cc/sec)	133	134	135	136	137	138	139	140
流量 (cc/sec)	141	142	143	144	145	146	147	148
流量 (cc/sec)	149	150	151	152	153	154	155	156
流量 (cc/sec)	157	158	159	160	161	162	163	164
流量 (cc/sec)	165	166	167	168	169	170	171	172
流量 (cc/sec)	173	174	175	176	177	178	179	180
流量 (cc/sec)	181	182	183	184	185	186	187	188
流量 (cc/sec)	189	190	191	192	193	194	195	196
流量 (cc/sec)	197	198	199	200	201	202	203	204
流量 (cc/sec)	205	206	207	208	209	210	211	212
流量 (cc/sec)	213	214	215	216	217	218	219	220
流量 (cc/sec)	221	222	223	224	225	226	227	228
流量 (cc/sec)	229	230	231	232	233	234	235	236
流量 (cc/sec)	237	238	239	240	241	242	243	244
流量 (cc/sec)	245	246	247	248	249	250	251	252
流量 (cc/sec)	253	254	255	256	257	258	259	260
流量 (cc/sec)	261	262	263	264	265	266	267	268
流量 (cc/sec)	269	270	271	272	273	274	275	276
流量 (cc/sec)	277	278	279	280	281	282	283	284
流量 (cc/sec)	285	286	287	288	289	290	291	292
流量 (cc/sec)	293	294	295	296	297	298	299	300
流量 (cc/sec)	301	302	303	304	305	306	307	308
流量 (cc/sec)	309	310	311	312	313	314	315	316
流量 (cc/sec)	317	318	319	320	321	322	323	324
流量 (cc/sec)	325	326	327	328	329	330	331	332
流量 (cc/sec)	333	334	335	336	337	338	339	340
流量 (cc/sec)	341	342	343	344	345	346	347	348
流量 (cc/sec)	349	350	351	352	353	354	355	356
流量 (cc/sec)	357	358	359	360	361	362	363	364
流量 (cc/sec)	365	366	367	368	369	370	371	372
流量 (cc/sec)	373	374	375	376	377	378	379	380
流量 (cc/sec)	381	382	383	384	385	386	387	388
流量 (cc/sec)	389	390	391	392	393	394	395	396
流量 (cc/sec)	397	398	399	400	401	402	403	404
流量 (cc/sec)	405	406	407	408	409	410	411	412
流量 (cc/sec)	413	414	415	416	417	418	419	420
流量 (cc/sec)	421	422	423	424	425	426	427	428
流量 (cc/sec)	429	430	431	432	433	434	435	436
流量 (cc/sec)	437	438	439	440	441	442	443	444
流量 (cc/sec)	445	446	447	448	449	450	451	452
流量 (cc/sec)	453	454	455	456	457	458	459	460
流量 (cc/sec)	461	462	463	464	465	466	467	468
流量 (cc/sec)	469	470	471	472	473	474	475	476
流量 (cc/sec)	477	478	479	480	481	482	483	484
流量 (cc/sec)	485	486	487	488	489	490	491	492
流量 (cc/sec)	493	494	495	496	497	498	499	500
流量 (cc/sec)	501	502	503	504	505	506	507	508
流量 (cc/sec)	509	510	511	512	513	514	515	516
流量 (cc/sec)	517	518	519	520	521	522	523	524
流量 (cc/sec)	525	526	527	528	529	530	531	532
流量 (cc/sec)	533	534	535	536	537	538	539	540
流量 (cc/sec)	541	542	543	544	545	546	547	548
流量 (cc/sec)	549	550	551	552	553	554	555	556
流量 (cc/sec)	557	558	559	560	561	562	563	564
流量 (cc/sec)	565	566	567	568	569	570	571	572
流量 (cc/sec)	573	574	575	576	577	578	579	580
流量 (cc/sec)	581	582	583	584	585	586	587	588
流量 (cc/sec)	589	590	591	592	593	594	595	596
流量 (cc/sec)	597	598	599	600	601	602	603	604
流量 (cc/sec)	605	606	607	608	609	610	611	612
流量 (cc/sec)	613	614	615	616	617	618	619	620
流量 (cc/sec)	621	622	623	624	625	626	627	628
流量 (cc/sec)	629	630	631	632	633	634	635	636
流量 (cc/sec)	637	638	639	640	641	642	643	644
流量 (cc/sec)	645	646	647	648	649	650	651	652
流量 (cc/sec)	653	654	655	656	657	658	659	660
流量 (cc/sec)	661	662	663	664	665	666	667	668
流量 (cc/sec)	669	670	671	672	673	674	675	676
流量 (cc/sec)	677	678	679	680	681	682	683	684
流量 (cc/sec)	685	686	687	688	689	690	691	692
流量 (cc/sec)	693	694	695	696	697	698	699	700
流量 (cc/sec)	701	702	703	704	705	706	707	708
流量 (cc/sec)	709	710	711	712	713	714	715	716
流量 (cc/sec)	717	718	719	720	721	722	723	724
流量 (cc/sec)	725	726	727	728	729	730	731	732
流量 (cc/sec)	733	734	735	736	737	738	739	740
流量 (cc/sec)	741	742	743	744	745	746	747	748
流量 (cc/sec)	749	750	751	752	753	754	755	756
流量 (cc/sec)	757	758	759	760	761	762	763	764
流量 (cc/sec)	765	766	767	768	769	770	771	772
流量 (cc/sec)	773	774	775	776	777	778	779	780
流量 (cc/sec)	781	782	783	784	785	786	787	788
流量 (cc/sec)	789	790	791	792	793	794	795	796
流量 (cc/sec)	797	798	799	800	801	802	803	804
流量 (cc/sec)	805	806	807	808	809	810	811	812
流量 (cc/sec)	813	814	815	816	817	818	819	820
流量 (cc/sec)	821	822	823	824	825	826	827	828
流量 (cc/sec)	829	830	831	832	833	834	835	836
流量 (cc/sec)	837	838	839	840	841	842	843	844
流量 (cc/sec)	845	846	847	848	849	850	851	852
流量 (cc/sec)	853	854	855	856	857	858	859	860
流量 (cc/sec)	861	862	863	864	865	866	867	868
流量 (cc/sec)	869	870	871	872	873	874	875	876
流量 (cc/sec)	877	878	879	880	881	882	883	884
流量 (cc/sec)	885	886	887	888	889	890	891	892
流量 (cc/sec)	893	894	895	896	897	898	899	900
流量 (cc/sec)	901	902	903	904	905	906	907	908
流量 (cc/sec)	909	910	911	912	913	914	915	916
流量 (cc/sec)	917	918	919	920	921	922	923	924
流量 (cc/sec)	925	926	927	928	929	930	931	932
流量 (cc/sec)	933	934	935	936	937	938	939	940
流量 (cc/sec)	941	942	943	944	945	946	947	948
流量 (cc/sec)	949	950	951	952	953	954	955	956
流量 (cc/sec)	957	958	959	960	961	962	963	964
流量 (cc/sec)	965	966	967	968	969	970	971	972
流量 (cc/sec)	973	974	975	976	977	978	979	980
流量 (cc/sec)	981	982	983	984	985	986	987	988
流量 (cc/sec)	989	990	991	992	993	994	995	996
流量 (cc/sec)	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004
流量 (cc/sec)	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012
流量 (cc/sec)	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020
流量 (cc/sec)	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028
流量 (cc/sec)	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036
流量 (cc/sec)	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044
流量 (cc/sec)	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052
流量 (cc/sec)	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060
流量 (cc/sec)	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068
流量 (cc/sec)	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076
流量 (cc/sec)	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084
流量 (cc/sec)	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092
流量 (cc/sec)	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100
流量 (cc/sec)	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108
流量 (cc/sec)	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116
流量 (cc/sec)	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124
流量 (cc/sec)	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132
流量 (cc/sec)	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140
流量 (cc/sec)	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148
流量 (cc/sec)	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156
流量 (cc/sec)	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164
流量 (cc/sec)	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172
流量 (cc/sec)	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	11

おける地下水かん養量は $\frac{1}{2}$ であると設定し、その結果、定常解析における日平均の地下水かん養量は、 $23 \text{ m}^3/\text{day}$ となる。ここで透水係数は、 10^{-3} cm/sec とする。以上の条件に基づき定常解析を行った結果、境界での流出入量を計算すると、表-2～表-3のようになる。この結果より、ダムサイトから海へ流出する流量は、常神地区において、 136.8 t/day となり、この水量が、透水係数 10^{-3} cm/sec の場合の開発水量と考えられる。

4. 地下ダムによる地下水位変動 —— 地下ダムおよび揚水による地下水位の変動を、平面2次元地下水流に関する有限要素法を用いて、非定常解析した。

本解析で、透水係数は不確定要素が大きいので、 $1.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 、 $2.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ の2通りとする。

非定常解析における時間単位は、月単位とする。すなわち、降雨による領域全体へのかん養および境界からの流入量は、月ごとに变化させる。それによって、降雨による領域全体へのかん養は、その月の降雨に浸透率を乗じたものを用い、境界からの流入量は、1ヶ月遅れで流入するものとみなした。ところで揚水量は、1月～5月、10月～12月期において 45 t/day 、6月～9月期において 245 t/day とした。また地下ダムにより地下水の貯留効果が生じ、水位が上昇しても、海水面より $+3 \text{ m}$ 以上になれば、オーバーフローさせることにした。このような、種々の条件下で解析した結果のうち、代表的な場合として、透水係数 $2.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 、浸透率 $\frac{1}{2}$ の場合を図-2～図-4に示す。これらの図から明らかになるように、1月～5月期において揚水による地下水位の低下は、ほとんど生じない。6月～9月期には、揚水量の増加に伴い地下水位低下量は大きくなるが、地下水面は、海水面より上回っている。10月～12月期は、地下水位の回復期であり、上流側で地下水の貯留効果が現われ、十分な回復がみられる。

5. あとがき —— 本報告において、福井県常神地区に地下ダムを構築した場合、その有効性を、現場調査および有限要素法による定常解析、非定常解析も行ない検討した。その結果、安定した取水が可能であると考えられる。

(参考文献) 松尾、青木：愛媛県興居島における地下ダムの有効性について、第13回土質工学研究発表会講演概要集、1978年、pp 989～992

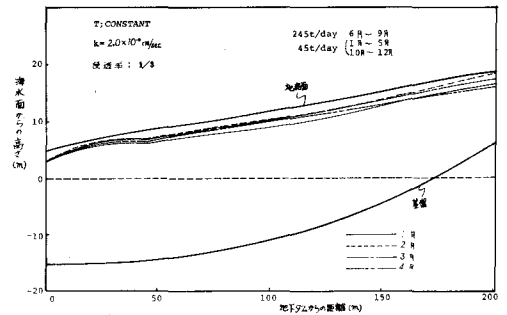


図-2 地下水位変動図

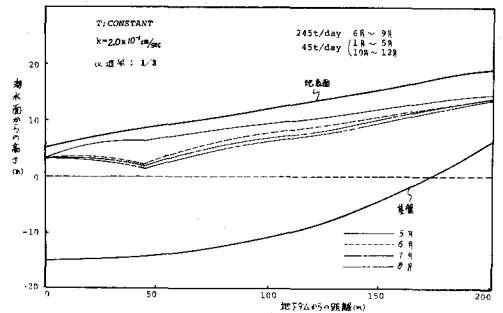


図-3 地下水位変動図

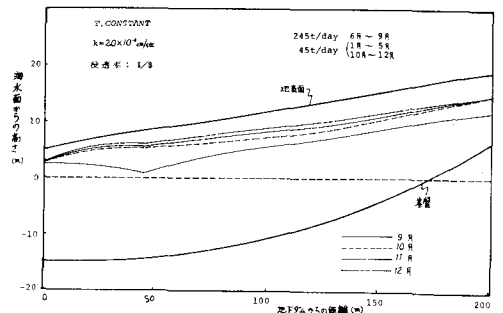


図-4 地下水位変動図