

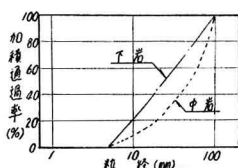
九州電力(株) 正員 赤司六哉 中島隆士 正員 高田真

1. まえがき

九州電力株式会社では、熊本県球磨川上流に建設準備中の大平湯水発電所上部池および下部池のフィルタイプダムについて、その築堤材料であるロック材料のいわゆる材料試験を行なっている。この材料試験は莫大数量に及ぶものであり、また、試験自体も未完のものであるので、今回の報告では、下部池ダムの2種類のロック材(中岩および下岩と仮称する)ととりわけ、現地一面セメント試験と大型三軸圧縮試験とを中心として種々の検討を加えてみた。なお、今回採用したロック材の岩質は、チャートおよびチャート質砂岩であり、風化の度合により中岩と下岩とに大別したものである。

2. ロック材の物理的性質について

第1表に示すとおり、中岩、下岩の比重はよく似た値を示しているが、下岩の他の物理的諸性質は、吸水量試験(Jis A 1110)で中岩の1.71倍、安定性試験(Jis A 1122)で1.30倍、サリヘリ試験(Jis A 1121)で2.14倍である。また、粒子の形状は第2表が示すように、中岩は偏平なものが多く下岩はより立方体に近いものが多い。突固め試験(モールド内径30cm、高さ35.4cm、容積25000cm³、ランマー直径10cm、重量10kg、落下高75cm)結果においては密度は中岩より下岩の方



第1図 粒度曲線

第1表 物理試験結果

試料	比重	粒度分析				安定性試験	サリヘリ試験	弾性係数
		60% (%)	30% (mm)	10% (mm)	5% (mm)	(%)	(%)	(kg/cm ²)
中岩	2.62	4.33	28.9	7.6	3.8	0.7	0.58	16.7
下岩	2.61	7.20	20.9	11.4	6.3	3.3	1.0	11.4

* 試料最大粒径は 63.5 mm

第2表 形状測定結果

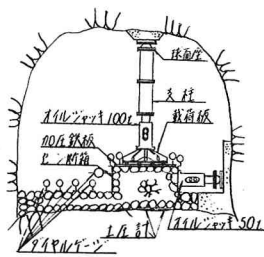
岩質	粒径の範囲	測定回数	扁平率 %			角状率 %		
			最大	最小	平均	最大	最小	平均
中岩	101.6-63.5	54	2.14	1.03	1.44	1.00	0.47	0.71
	63.5-38.1	54	2.35	1.00	1.55	1.00	0.41	0.66
	38.1-19.1	54	2.27	1.00	1.50	1.00	0.41	0.66
	19.1-4.76	54	2.60	1.00	1.53	1.00	0.29	0.59
下岩	101.6-63.5	54	2.20	1.02	1.41	0.94	0.25	0.66
	63.5-38.1	54	2.11	1.00	1.45	0.94	0.25	0.64
	38.1-19.1	54	3.04	1.03	1.51	0.95	0.26	0.67
	19.1-4.76	54	2.24	1.00	1.44	1.00	0.28	0.64

が 0.129 g/cm³ 程度高い値を示しているが、これは、中岩に比べて下岩は安定性およびサリヘリ試験値が大きく、衝撃による突固め時の破砕が甚しいためであると考えてよからう。

3. ロック材のセメント試験について

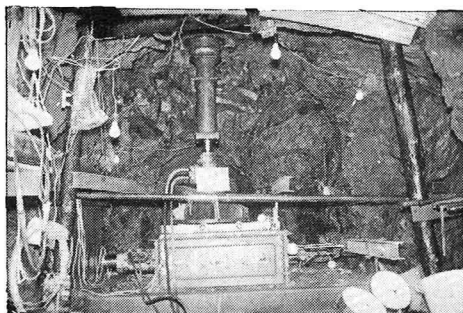
3.1 現地一面セメント試験

現地一面セメント試験は、現地左岸ダムサイトの試験横坑を利用し、第2図、写真1に示す試験装置を設置して実施した。すなわち、第2図からわかるように、まず基層に当る所に所定の圧入量[Loose (0.05Ec)



第2図 現地セメント

写真 1.

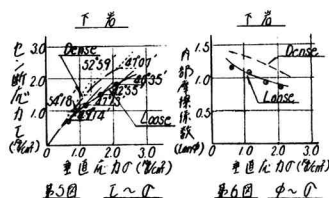
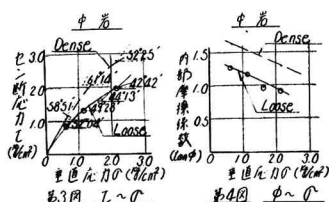


(1) 岩質による中岩、下岩の内部摩擦角の差は、

1) 岩質による中岩、下岩の内部摩擦角の差は、
Loose で $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 、Dense で $4^{\circ} \sim 5^{\circ}$ であり下岩の方が低い値と示す。

してゐる。(第3図、第5図)

2) 垂直応力の増加にともなう内部摩擦角の減少は、中、下岩ともに見受けられる現象であろうか。

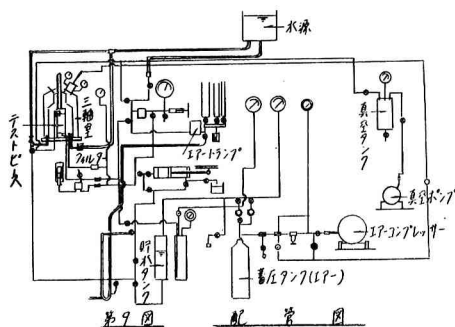


Loose と Dense との間に減少母配の差が認められ、とくにその傾向は中若が甚しいようである。

3.2 大型三軸壓縮試驗

3.2.1 試驗裝置

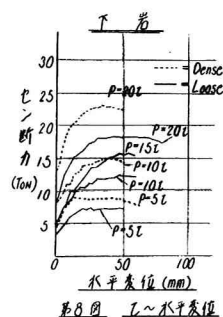
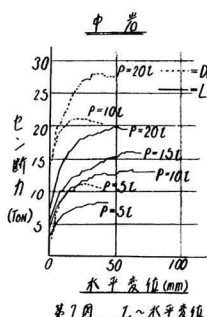
三軸圧縮試験は、九州電力工本研究室に設備してある大型三軸圧縮試験機(第9図、写真2)を利用し、不飽和試験(乾乾状態CU)と飽和試験(CU, CD)とを実施した。なお、試料の周囲の仕事量としては、現場一面セン断試験と同様の2種類を採用した。供試体の作成状態としては、厚さ2mmのゴムスリ-プを2枚組込んだ大型三軸用モールド



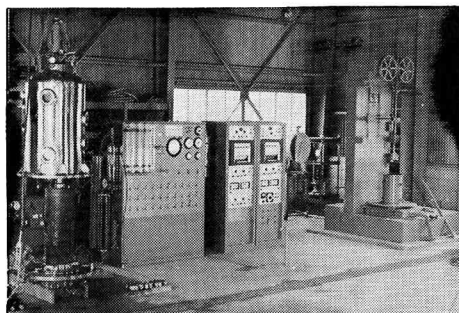
第3表 ρ 之斷結果

試料名	初期測定		在箱後		測定重量(%)		測定重量(N)		水中重量(H)		平均 密度
	干土比	水比	投入量	箱後重量	比水比	比水比	比水比	比水比	比水比	比水比	
A-L-5	0.503	0.497	1.750	1.755	6.470	6.647	8.30	8.080	283.32	32.04	
A-L-10	0.535	0.465	1.703	1.713	14.51	14.53	4.0	3.401	170.92	32.04	
A-L-15	0.540	0.458	1.703	1.733	16.45	16.46	6.0	1.600	97.32	32.04	
A-L-20	0.530	0.470	1.703	1.755	14.91	14.66	19.80	1.800	92.34	32.04	
A-O-5	0.395	0.393	1.885	1.888	6.53	6.53	0.80	0.800	6.54	58.5	1
A-O-10	0.382	0.376	1.703	1.721	13.51	13.58	2.00	2.000	8.62	6.25	1
A-O-20	0.352	0.345	1.743	1.753	21.53	21.52	0.00	2.800	2.97	5.15	1
A-L-5	0.491	0.487	1.750	1.755	6.470	6.647	7.50	7.501	159.49	14.7	
A-L-10	0.491	0.480	1.750	1.764	11.41	11.47	14.72	14.00	108.14	14.7	
A-L-15	0.509	0.488	1.730	1.754	16.66	16.64	30.0	5.030	93.02	15.5	
A-L-20	0.491	0.470	1.750	1.772	16.62	16.68	4.0	1.840	88.57	14.8	
A-O-5	0.360	0.364	1.910	1.914	6.340	6.35	9.10	9.101	32.34	38.1	
A-O-10	0.400	0.395	1.863	1.887	11.52	12.52	15.0	15.01	31.1	52.3	
A-O-20	0.363	0.348	1.915	1.936	16.12	16.23	54.23	30.2	32.0	17.7	47.7

* 試験名において AL5 と示してゐるのは A Test Loose Scan と示すものである。



子真 — 2



内径30.8cm、高さ70cm)と利用して所定の仕事量(ランマー径10cm、重量10kg、落下高75cm)で締固め、セールドを取外したのち三軸室にセットするのである。なお、試験時の側圧は、1% σ 、2% σ 、4% σ 、6% σ であり、せん断速度は3 π /minである。

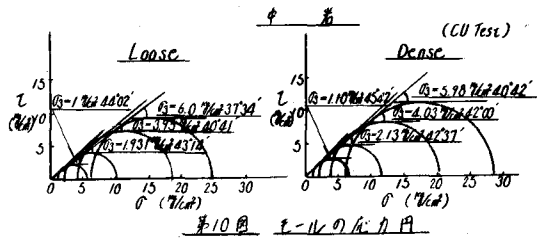
3.2.2 不飽和(乾燥状態)試験

乾燥状態(中岩、下岩ともに含水比は0.6%)にある試料を、所定の仕事量で締固めた供試体に、各側圧を作用させ、供試体を左桶させた後、垂直荷重を加えてせん断試験を行った。その試験結果は第10図～第15図に示すとおりである。

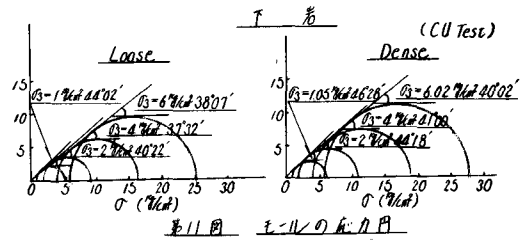
1)第10、11図に示すように、 $C=0$ とし軸の原点からモール円(各図に示した)に接線と引いた場合、各角度の変化が認められる。これらと内部摩擦角の動きとして捉え、さらに、減少曲線として眺めてみた場合、試料の飽和、不飽和、岩質の差、実固め度合などの差により角度の減少曲線の勾配に種々の減少がみられるが、現在のところこれを決定つける諸要素を明確に関連づけることができなかった。その一つの例として図を繰りかえすと次のとおりである。Looseでは側圧1% σ と6% σ において相違は見られないが、側圧2% σ と4% σ においては、3°程度の差が見られる。またDenseでは、各側圧ごとに1°程度の相違が見られるが、その変化は錯綜しており一様でない。なお、この現象は、上述のとおり飽和試験にも充分にみられるものであろうから

3.2.3項での考察は省くことにする。

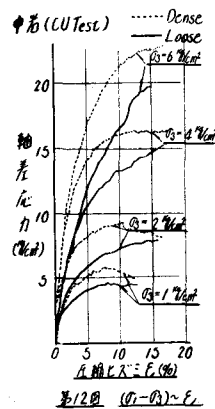
2)締固め度による軸差応力は、第12図、第13図に示すように、Denseの方が大きな値を示している。また容積変化率では、第14図、第15図に示すとおりDenseの方が大きな値を示している。この相互の関係は、問がオ比と



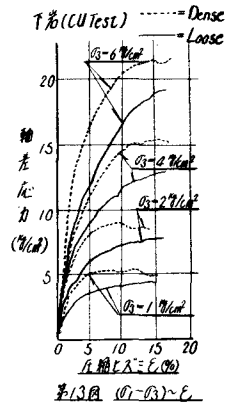
第10図 モールの応力円



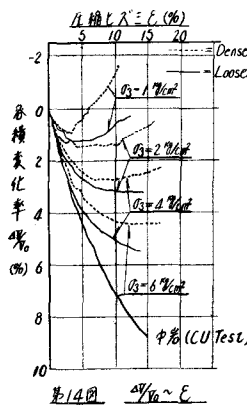
第11図 モールの応力円



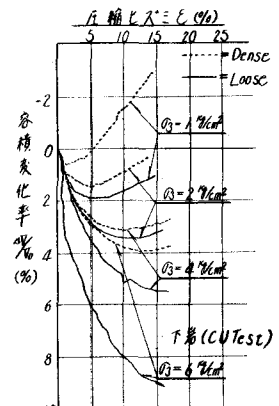
第12図 (1)-(3)~ ϵ



第13図 (1)-(3)~ ϵ



第14図 $v/v_0 \sim \epsilon$



第15図 $v/v_0 \sim \epsilon$

飽和度とをパラメーターにした、一般的な傾向とよく合致していると考えられる。

3.2.3 飽和状態試験

乾燥状態（24 時間以上浸水）にある供試体に、所定の仕事量で掃固めた供試体と大型三軸試験機セル内にセットし、供試体が変形しないような方法で飽和して EU 試験と ED 試験を行なった。なお、EU 試験については中岩および下岩の Dense、ED 試験については中岩の Dense についてその結果を報告する（第16図～第22図）。

1) EU 試験による軸差応力と有効側圧の関係は、第18図に示すとおり、Loose Dense の掃固の仕事量に関する相違はみられない。

4. 考察

以上の試験結果をさらに総合して考察を加えておれば、つぎのとおりである。

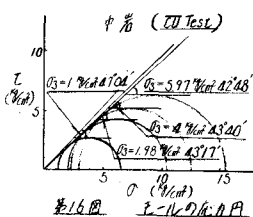
1) 現地一面セン断試験と、大型三軸圧縮試験とは、内部摩擦角にかなりの差が認められる。その理由としては試料の最大寸法、乾燥密度（間キキ比）飽和度、解析方法などが大きな要因として作用しているものと考えられる。

2) $e \sim \sigma_v$ 曲線とをみると、飽和試験では間キキ水圧の関係で σ_v ほどなく（しかもその曲線は第19図に示すように、あるヒズミで急折し、滑らかな動きを示さない）不飽和試験では、や、大きな動きを示している。

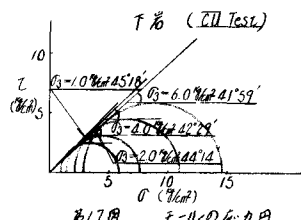
3) ヒズミと軸差応力の曲線とをみた場合、軸差応力の値は、 $CD > CU > EU$ の順にならび、とくに EU の値は CU の半程度である。

5. おまけ

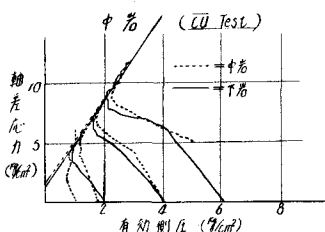
今回の報告は、試料数の不足、各種試験方法の比較による検討の不足、解析方法の不備などのために、不満足な結果に終った。しかし、ロック材に関する諸検討は秘の興味ある問題と考えるので今後大型単純セン断試験機の試作、模擬材料の試作など今回の実績をもとにした研究をさらに発展させていく予定である。



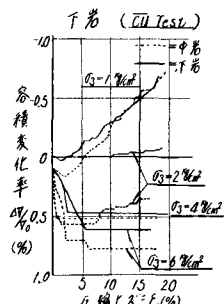
第16図 中岩の $\sigma_h \sim \sigma_v$



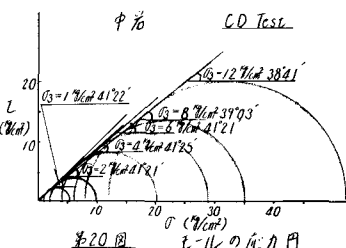
第17図 下岩の $\sigma_h \sim \sigma_v$



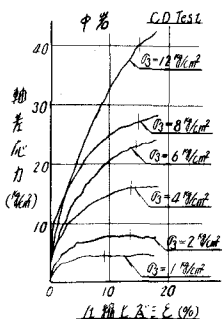
第18図 中岩の $\sigma_a \sim \sigma_l$



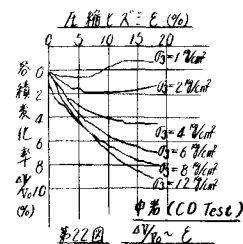
第19図 下岩の $e \sim \sigma_v$



第20図 中岩の $\sigma_h \sim \sigma_v$



第21図 中岩の $\sigma_a \sim \sigma_l$



第22図 中岩の $e \sim \sigma_v$