

九州電力(株) 総合研究所 正会員 赤司六哉 正会員 永津忠治
九州産業大学 工学部 正会員 石堂 稔 学生員 大石 勉

1. はじめに

一般に岩石は土木工事等による応力状態の変化、水や温度等の水文状況の変化を受けると物理および力学的性質が変るといわれている。そこで筆者等は軟らかい材料として古生層の破砕帯(A試料)と第三紀層の破砕帯(B試料)を、また岩として材質の比較的均質な砂岩(約500万年前の堆積岩)を選び、含水状態を変えて物理・力学試験を実施し、強度への影響を検討した。

2. 供試体の状態ならびに試験項目

供試体はいずれも調査構坑内よりブロックサンプリングした試料を破砕帯はトリマーで、砂岩はコアピッカーで成形したものを用い、表-1に示すように自然・乾燥・飽和とした。なお、破砕帯の乾燥状態は試料がかわれ試験ができなかった。また、特に破砕帯の飽和方法について述べると、成形した供試体をろ紙で包み、ビニール袋(一部解放)に入れ、大型モールド(直径30cm、高さ35.4cm)に静かに沈めた。この供試体の周囲には崩壊を防止するため砂を詰め、約0.5 kg/cm²の圧力をかけ飽和をはかった。

表-2は試験項目・数量を示したもので物理・力学試験ともJIS規格に準じて実施した。

3. 結果

3.1 破砕帯について

表-3に三軸圧縮試験に使用した供試体の平均性状を、図-1に粒度試験結果を示す。自然状態をAとBで比べると、比重は2.73前後でほとんど変わらず、含水比はAが9%、Bが18.6%とAが低く、乾燥密度はAが0.33 g/cm³より密である。平均粒度を見ると、第三紀層破砕帯であるBが若干細粒が多いことがわかる。6箇月飽和をAとBで比べるとBは完全飽和に近いが、Aは自然状態での間隙比が小さいため飽和しにくい材料であることを示している。またB試料で飽和度を96時間と6箇月で比べると差はなく、圧力をかけて飽和させると短時間で飽和が進み、長時間水浸させる必要のないことがわかる。図-2にせん断応力(τ)—垂直応力(σ)を示す。図-3は横軸に自然状態での C' 、 ϕ を、縦軸に飽和状態での C' 、 ϕ を示す。この結果、 C' 、 ϕ の値としては自然・飽和状態で明確な違いはないが、 τ として評

表-1 供試体の性状

供試体の状態	破 砕 帯	砂 岩
自 然	原位置よりブロックサンプリングし、そのままの状態で成形したもの	
乾 燥	—	110°Cで48時間乾燥したもの
飽 和	96時間水浸したものと6箇月水浸したもの	96時間水浸したもの

表-2 試験項目ならびに数量

試験種別	試験項目	破 砕 帯						砂 岩		
		A			B			自然	乾燥	飽和
物 理 試 験	比重	13	—	16	9	20	30	80	44	80
	吸水率	—	—	—	—	—	—	80	44	80
	含水比	13	—	16	9	20	30	—	—	—
	密度	13	—	16	—	—	—	80	44	80
力 学 試 験	粒 度 測定	13	—	16	9	20	30	—	—	—
	三軸圧縮	—	—	—	—	—	—	80	44	80
	圧入試験	—	—	—	—	—	—	28	14	28
力 学 試 験	三軸圧縮	—	—	—	—	—	—	28	14	28
	三軸圧縮	11	—	5	14	11	11	24	16	24

表-3 三軸圧縮試験に使用した物理試験結果

試料	供試体の状態	比重Gs	含水比w(%)	湿潤密度Pd(1/cm ³)	乾燥密度Pd(1/cm ³)	飽和度Sr(%)	間隙比e
A	自然	2.723	9.0	2.258	2.072	77.8	0.314
	飽和(6箇月)	2.748	13.7	2.245	1.975	91.2	0.391
B	自然	2.748	18.6	2.063	1.742	87.1	0.577
	飽和(96時間)	2.738	23.7	2.112	1.771	98.8	0.546
	飽和(6箇月)	2.756	23.2	2.071	1.714	98.0	0.608

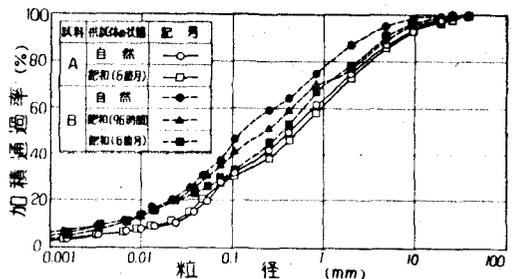


図-1 平均粒度曲線

値するとA、Bともに飽和状態が若干低いようである。

3. 2 砂岩について

表-4に物理・力学試験の結果を示した。物理定数は力学試験に使用した供試体の平均値であるが、乾燥状態の密度は水分が減った分だけ小さくなっている。

図-4・5・6に各種の関係を示した。この結果、吸水率が大きくなると一軸圧縮強さは小さくなり、密度が大きくなると一軸圧縮強さは強くなり、一軸圧縮強さが強くなると静弾性係数が大きくなるという軟岩の一般的な傾向を示している。

一軸圧縮強度を三状態と比較すると乾燥・自然・飽和状態の順に小さな値となり、特に

乾燥すれば自然状態の2倍以上の強度となる。また、圧裂試験値も乾燥状態は自然状態の4倍以上となる。

図-7・8・9は三軸圧縮試験結果であるが、乾燥すればC、φは大きくなる。逆に飽和

させるとC、φは低下せず、τとして考えてもほとんど変わらない。

4. まとめ

①破砕帯の飽和方法は含水比も大きく

なり適当な方法であったが、砂岩は物理試験値では確認できなかった。②破砕帯を飽和させるとせん断力が若干小さくなる。③砂岩を乾燥させると一軸圧縮強度、C・φとも大きくなる。④砂岩を飽和させると一軸圧縮強度は小さくなるが、C・φはほとんど変わらない。

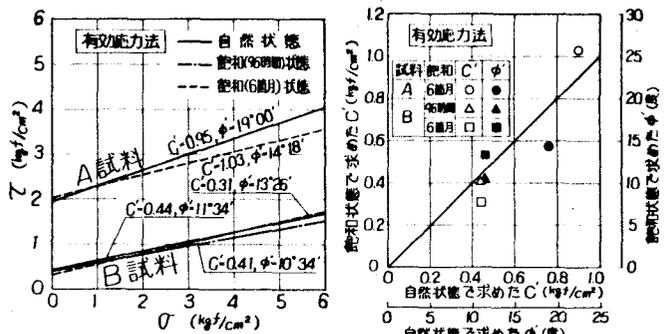


図-2 せん断応力(τ)-垂直応力(σ) 図-3 C, φ(自然)-C, φ'(飽和)

表-4 砂岩の試験結果一覧

供試体の状態	表乾比	見かけの含水率 (%)	密度 ρ (kg/cm³)	有効孔隙率 n (%)	超音波伝播速度試験				一軸圧縮試験			三軸圧縮試験				
					伝播速度 Vp (km/s)	Vs (km/s)	縦波伝播速度 Vp (km/s)	横波伝播速度 Vs (km/s)	圧縮強度 σc (kg/cm²)	静弾性係数 Es (x10⁴ kg/cm²)	引張強度 σt (kg/cm²)	せん断力 C (kg/cm²)	内部摩擦角 φ (度)			
自然	2.381	2.654	7.61	2.385	16.74	2.54	1.48	1.28	0.24	218.5	3.76	0.26	11.3	67	35	55
乾燥	2.383	2.660	7.57	2.224	16.68	2.46	1.51	1.16	0.19	529.3	7.17	0.07	51.6	126	42	43
飽和	2.382	2.658	7.61	2.393	16.70	2.48	1.44	1.29	0.24	159.9	2.72	0.22	11.2	59	36	37

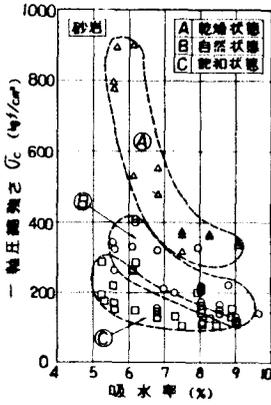


図-4 一軸圧縮強さ-吸水率

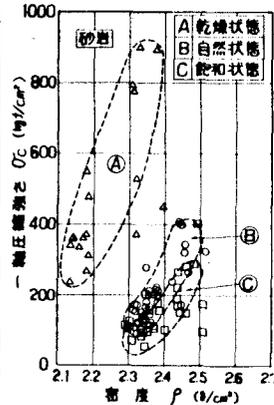


図-5 一軸圧縮強さ-密度

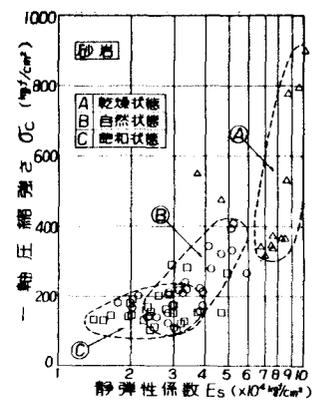


図-6 一軸圧縮強さ-静弾性係数

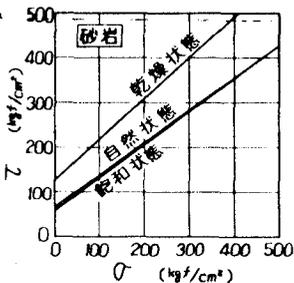


図-7 せん断応力(τ)-垂直応力(σ)

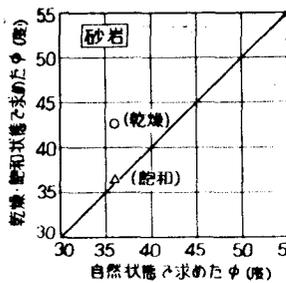


図-8 φ(自然)-φ(乾燥, 飽和)

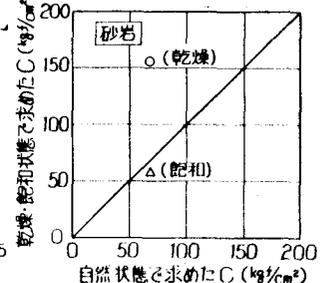


図-9 C(自然)-C(乾燥, 飽和)