



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	石狩炭田における主要夾炭層岩石の強度試験結果について（第2報）：登別夾炭層，夕張夾炭層，美唄夾炭層岩石の強度特性
Author(s)	木下，重教；Kinoshita, Shigenori；石島，洋二 他
Citation	北海道大學工學部研究報告，90，23-36
Issue Date	1978-11-29
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41514
Type	departmental bulletin paper
File Information	90_23-36.pdf



石狩炭田における主要夾炭層岩石の 強度試験結果について (第2報)

—登川夾炭層, 夕張夾炭層, 美唄夾炭層岩石の強度特性—

木下重教 石島洋二 後藤龍彦 中村章

(昭和53年6月30日受理)

Results of the Strength Tests of Rocks in Coal Bearing Formations in Ishikari Coal Fields (Part II)

—The Strength Characteristics of Noborikawa, Yubari and Bibai Formations—

Shigenori KINOSHITA, Yoji ISHIJIMA, Tatsuhiko GOTOH and Akira NAKAMURA

(Received June 30, 1978)

Abstract

As a continuation of the previous paper, the results of strength tests which were performed on rocks overlying and underlying main working coal seams in New Yubari and Sunagawa collieries are described in this paper.

New Yubari colliery in Yubari district is working only the coal seams of Yubari coal bearing formation. While Sunagawa colliery in Sorachi district is mining the coal seams of Noborikawa, Yubari and Bibai formations.

Uniaxial compression, tension and triaxial compression tests were performed on the rock specimens which were prepared from the boring cores.

In addition to rocks, a test of coal at the Akabira coal mines was made and its results are shown in this paper as a reference.

Lastly a comparison of whole data including Part I and some discussions regarding them were made,

1. 緒 言

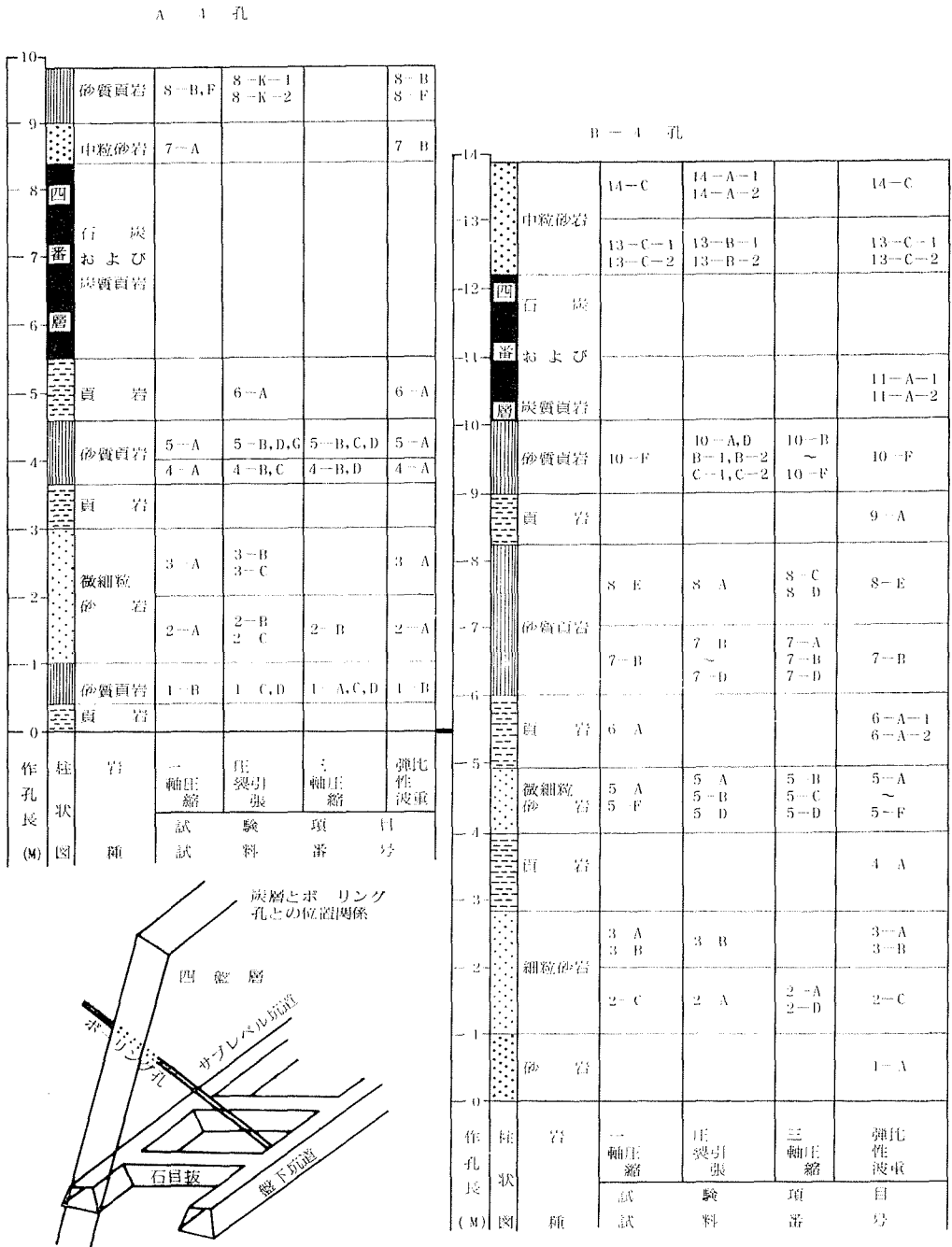
本報では前報に引続き、石狩炭田の主要な夾炭層である登川、夕張、美唄夾炭層中の岩石について行なった強度試験の結果を報告する。夕張地区の炭鉱では稼行炭層は夕張夾炭層に限られているが、空知地区の炭鉱では、3夾炭層全部が稼行対象炭層となっている。

しかし本試験では、登川夾炭層および美唄夾炭層の供試岩石は砂川炭鉱から、夕張夾炭層の供試岩石は夕張新鉱から採取した試料について実施した。したがって現段階では地域的広がりをもつ同一夾炭層に属する岩石の強度に関して地域的に差があるかどうかについては明らかでない。これは今後の試験課題と考えている。

2. 登川夾炭層岩石の強度試験結果

2.1. 供試岩石試料

登川層は石狩層群の基底層で、幌内、幾春別地域を除き石狩炭田中に広く分布している。本強度試験は砂川炭鉾登川部内四番層下番を構成する登川層の岩石を対称として実施した。すなわち



四番層の下盤に開さくされている盤下坑道から四番層に向けコアボーリングを行ない、得られた岩芯をサンプルにして試験を行なった（第1図参照）。コアボーリングは360レベル南第5盤下坑道 No. 8~No. 9 目抜間で1本、同 No. 16~No. 17 目抜間で1本の計2本行なった。ここでは前者を A-4 孔、後者を B-4 孔とした。A-4 孔および B-4 孔で得られた岩芯を肉眼観察により大略分類すると、第1図がえられる。同図は A-4、B-4 孔のコア柱状を対比したものであるが、ボーリング中にコアの破碎や粉化などがあって、両者の対応がはっきりしない部分があった。いずれにしても A-4 孔は孔口から 6~7 m の範囲、B-4 孔は 11~13 m の範囲内で四番層を貫層している。なお第1図には岩芯から採取した試験片番号とその試験項目を付記したが、試験片番号については例えば、3-A と記した場合は3は口元から 2~3 m の範囲内にある岩芯から試験片を採取したことをあらわし、同じ番号から複数の試験片を作製した場合 A、B……等の記号を付して区別した。

2.2. 試験結果

第1表 (a)、(b) は A-4 孔、B-4 孔の岩芯の比重、孔隙率、弾性波速度などの物性値の測定結果を示す。表中に示した試料番号は前述の通りである。

また岩芯の中で試験片（一軸圧縮試験片の寸法は直径約 55 mm、高さ 110 mm の円柱形、圧裂引張試験片は直径がほぼ 55 mm、高さは直径の約 1/2 の円板、三軸圧縮試験片は直径約 30

第1表 (a) A-4 供試岩石の物理的性質

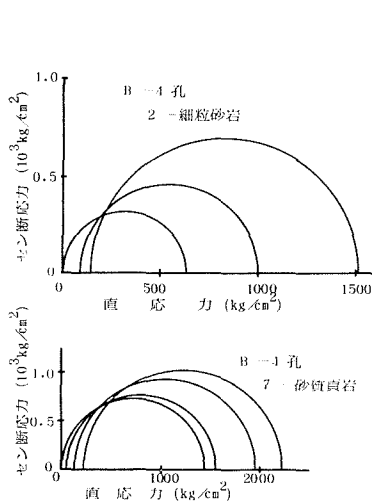
試料番号	真比重	見掛比重	孔ゲキ率 (%)	P 波速度 (km/s)	S 波速度 (km/s)
1-B	2.58	2.52	2.1	3.10	1.59
2-A	2.65	2.49	6.0	3.35	1.74
3-A	2.67	2.57	3.8	3.93	1.82
4-A	2.73	2.57	6.1	4.59	1.78
5-A	2.67	2.53	5.2	3.35	1.75
6-A	2.68	2.55	4.9		
7-B	2.71	2.64	2.6		
8-B~F	2.69	2.54	5.6	3.59	1.87

第1表 (b) B-4 供試岩石の物理的性質

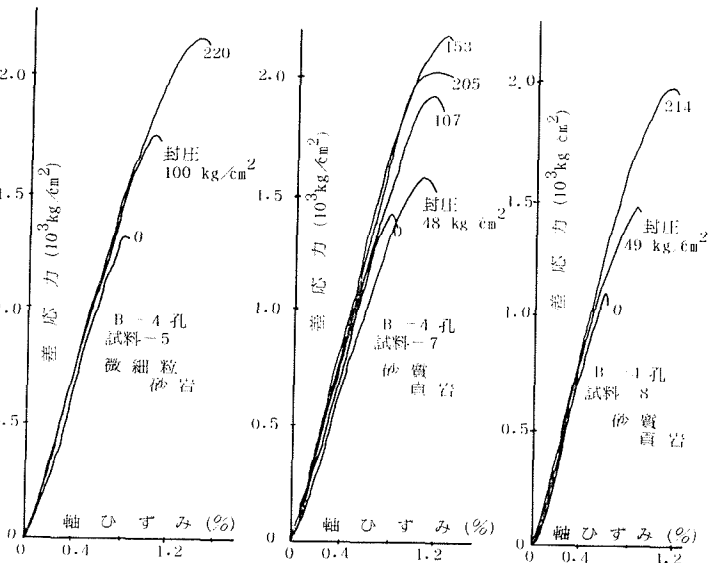
試料番号	真比重	見掛比重	孔ゲキ率 (%)	P 波速度 (km/s)	S 波速度 (km/s)
1-A	2.75	2.51	8.7		
2-C	2.78	2.52	9.4	2.91	1.70
3-A~B	2.80	2.65	5.4	2.82	1.50
4-A	2.69	2.52	6.3		
5-A~F	2.63	2.51	4.6	2.82	1.62
6-A-1	2.70	2.48	8.1	2.89	1.62
6-A-2	2.65	2.55	3.8		
7-B	2.73	2.56	6.2	3.20	1.90
8-E	2.73	2.58	5.5	3.00	1.87
9-A	2.74	2.56	6.6		
10-F	2.67	2.55	4.5	3.10	1.75
11-A-1	2.66	2.55	4.1		
11-A-2	2.64	2.51	4.9		
13-C-1~2	2.71	2.47	8.9	3.04	1.63
14-C	2.69	2.53	5.9	2.74	1.67

第2表 (a) A-4 孔供試岩の強度試験結果

試料番号	封 圧 (kg/cm ²)	破壊強度 (kg/cm ²)	限界ひずみ (%)	ヤング率 (10 ⁵ kg/cm ²)	破 断 角 (度)	内部摩擦角 (度)	圧裂引張強度 (kg/cm ²)
1-B	0	1,381					
A	117	1,984	1.10	1.87	24	42	61
C	160	1,906	0.96	1.80	20	50	
D	195	1,670	0.88	1.83	25	40	
2-A	0	2,241	0.80	2.96			
B	113	2,384	1.24	2.17			
3-A	0	1,843					76
4-A	0	2,198	0.84	2.70			136
D	162	2,556	1.20	2.46	30	30	
B	207	2,701	1.12	2.70	30	30	
5-A	0	1,430	0.92	2.17			103
C	48	1,509	0.80	2.01	22	46	
D	111	2,168	1.32	1.74	24	42	
B	207	2,610	1.32	2.01	18	54	
7-A	0	824					
8-B	0	1,367	0.54	2.89			86
F	0	1,671	0.65	2.99			
6-A							36



第2図 登川夾炭層岩石の破壊モール円の一例



第3図 登川夾炭層岩石の三軸圧縮試験における差応力～軸ひずみ曲線の一例

mm, 高さ約 60 mm の円柱形) の作製が可能であったものについては, 一軸圧縮, 圧製引張, 三軸圧縮試験を実施した。

第2表 (a), (b) はこれらの結果を示した。ただし, 表中の試料番号は第1図のものと一致す

第2表 (c) B-4 孔供試岩石の強度試験結果

試料番号	封 圧 (kg/cm ²)	破壊強度 (kg/cm ²)	限界ひずみ (%)	ヤング率 (10 ⁵ kg/cm ²)	破 断 角 (度)	内部摩擦角 (度)	圧裂拡張強度 (kg/cm ²)
2-C	0	634					
A	95	996	0.92	1.10			77
D	148	1,498					
3-A	0	1,292	0.68	2.03			
B	0	1,317	0.92	1.75			135
5-A	0	1,334	0.98	1.50			
F	0	1,306	0.81	1.06			
C	100	1,853	1.10	1.80	34	22	114
B	222	2,384	1.52	1.80	24	42	
6-A	0	1,116	0.86	1.37			
7-B	0	1,407	0.75	2.17			
D	48	1,614	1.05	1.80	35	20	
A	107	2,043	1.18	1.74	32	26	122
E	153	2,354	1.28	2.21	33	24	
C	205	2,238	1.14	1.87	36	16	
8-E	0	1,112	0.59	2.17			
C	49	1,515	0.84	2.17	24	42	137
D	214	2,186	1.12	2.01	22	46	
10-F	0	1,029	0.48	2.21			
D	51	1,712	0.93	1.97	20	50	
A	95	1,903	0.92	2.08	24	42	
E	155	1,873	0.93	2.13	30	30	157
B	200	2,339	1.30	1.97	21	48	
C	319	2,383	1.01	2.20	19	52	
13-C-1	0	802					88
2	0	812					
14-C	0	852					73

る。本表では各封圧に対する破壊強度のほかには破壊強度点におけるひずみ（限界ひずみ）、および試験片の破断角の実測値、破断角からクーロン・モアの破壊条件より計算した内部摩擦角も参考までに示した。なお本表のヤング率は軸差応力～軸ひずみ曲線の直線部の傾斜から計算したものである。

第2図はモール円の1例を、第3図は差応力～軸ひずみ曲線の代表例を示す。

2.3. 試験結果の総括

本供試岩石は登川夾炭層中の岩石といっても砂川炭鉱の四番層盤下坑道と四番層の間の岩層を構成する岩石の中から採取したものであることはいうまでもない。これらの岩石は岩芯から判断すると、粒度、色調等が異なる頁岩、砂質頁岩、砂岩から成るが、頁岩は比較的少なく、層厚も1 m 以下のものが多く、いわゆる登川層の特徴を良くあらわしている。

岩種別に強度を比較してみると一軸圧縮強度は砂質頁岩が一番強く平均 1,559 kg/cm²、次に細粒砂岩で 1,177 kg/cm² であり、中粒砂岩は 823 kg/cm² である。一方頁岩は砂岩類に比較し、

RQD は数%と低く、しかも試験片作製時に弱面から容易に破壊し、整形不可能なものが多かった。そのためただ一個の試料についてしか試験できなかった。その結果 1,116 kg/cm² と比較的大きな値が得られたが、これは頁岩でも局部的にはかなり強いものを意味している。

第4図は三軸圧縮試験結果から破壊条件を主応力表示したものであるが細粒および微細粒砂岩は砂質頁岩に比較すると測点のばらつきが少ない。特に A-4 孔の 1, および B-4 孔の砂質頁岩試料はばらつきが多かった。これは試験片の岩質構成が不均一で砂岩部分より頁岩部分が卓越していたり、または潜在亀裂が存在していたためと考えられる。仮りに比較的ばらつきの少ない砂質頁岩 (A-4 孔の 4), 細粒砂岩 (B-4 孔の 2), 微細粒砂岩 (B-4 孔の 5) について破壊条件式を直線近似で求めてみると次のごとくである。

$$\left. \begin{array}{ll} \text{砂質頁岩} & \sigma_1 = 2.08\sigma_3 + 2,109 \\ \text{細粒砂岩} & \sigma_1 = 5.00\sigma_3 + 1,320 \\ \text{微細粒砂岩} & \sigma_1 = 5.10\sigma_3 + 634 \end{array} \right\} \quad (1)$$

なお前報の (1) 式に従って破壊のパラメータ μ (内部摩擦係数) および S_c (凝集抵抗) を求めると、 $\mu=0.37$, $S_c=734 \text{ kg/cm}^2$; $\mu=0.89$, $S_c=296 \text{ kg/cm}^2$; $\mu=0.91$, $S_c=140 \text{ kg/cm}^2$ となる。ただし、本試験では封圧は最大 300 kg/cm² までしか与えていないので、これらの実験結果はあくまでもこの範囲の特性である。

3. 夕張夾炭層岩石の強度試験結果

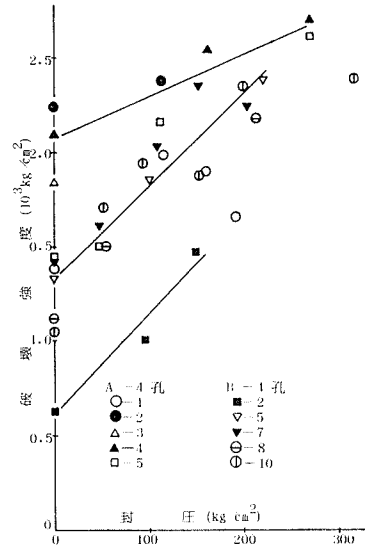
3.1. 供試岩石試料

本試験における供試体は夕張新炭鉱西第一盤下立入れから 10 尺層に向けて行なったボーリング岩芯より採取した。前報第 6 図に当該ボーリングの岩芯柱状図が示されているので参照されたい。西第一盤下坑道は夕張夾炭層下部の幌加別層内に設けられているため、ボーリングは幌加別層を 14 m 程縫うって夕張夾炭層に達し、10 尺下層を経て約 26 m で 10 尺層に達している。したがって供試体は幌加別層と 10 尺層の間 (約 11 m) に存在する夕張層岩石ということになる。

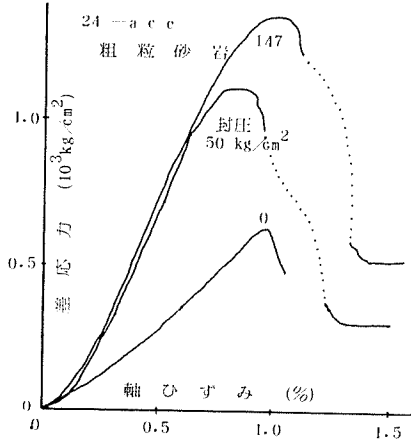
これらの岩石は同図の岩芯柱状図からわかるように砂質岩、頁岩、炭質頁岩の互層よりなるが、このうち岩芯から試験片を採取できたのは、砂質頁岩 (試料番号 15)、薄黒色頁岩 (試料番号 17)、粗粒砂岩 (試料番号 24)、黒色頁岩 (試料番号 25) の 4 種で、これ以外は岩芯が細かく破碎して試験片の作製は不可能であった。

3.2. 試験結果

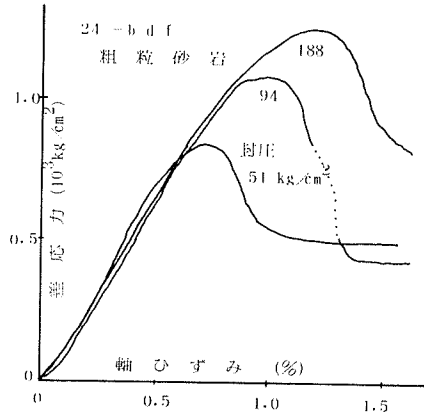
第 3 表は上記岩石試料について行なった各種試験の結果を一括表示したものである。試料の整形方法、寸法および実験条件は前報で述べた幌加別層岩石と同様であるので、ここでは省略する。ただし本表のヤング率は差応力～軸ひずみ曲線の最大強度点における割線ヤング率をとった。



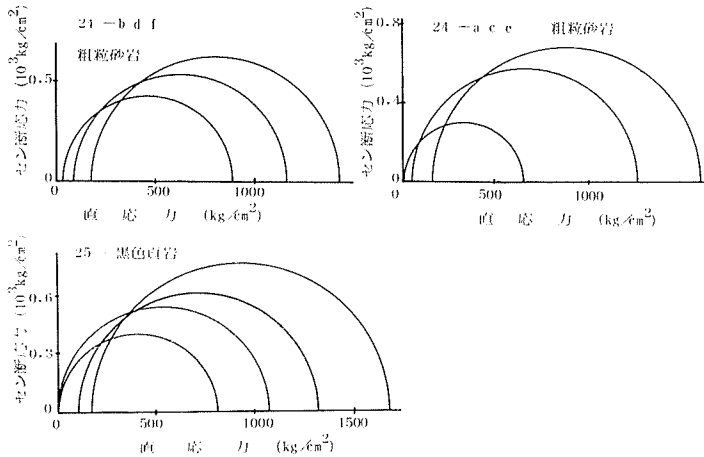
第4図 主応力座標であらわした破壊条件



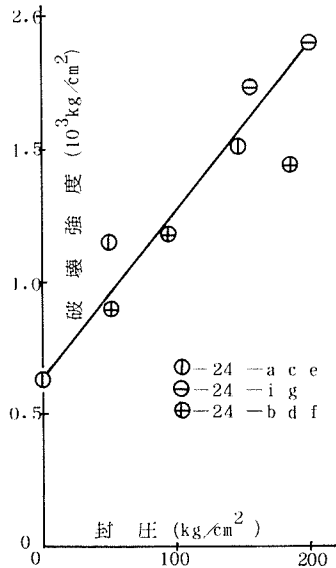
第5図 (a) 夕張夾炭層岩石の差応力-軸ひずみ曲線



第5図 (b) 夕張夾炭層岩石の差応力-軸ひずみ曲線



第5図 (c) 夕張夾炭層岩石の破壊応力円の一例



第6図 主応力座標で標示した破壊限界線

第3表 夕張夾炭層岩石の強度試験結果

試料番号	P波速度 (km/sec)	封 圧 (kg/cm ²)	破壊強度 (kg/cm ²)	限 界 ひ ず み (%)	ヤング率 (10 ⁵ kg/ cm ²)	破 断 角 (度)	内 部 摩 擦 角 (度)	圧 裂 引 張 強 度 (kg/cm ²)	備 考
15-a	3.68	90	2,016	0.73	2.64	23	44		
c	3.35	97	1,477	0.60	2.30	40	10	92	石炭を含む
d	3.21	0	880	0.78	1.13	24	42		
e	3.69	0	850	0.75	1.13	28	34		
17-a	3.00	0	666	0.71	0.94	16	58		
b	2.95	0	200	0.69	0.29	24	42		内部に介在物
24-a	2.52	50	1,160	0.85	1.31	22	46		石炭の介在物
b	2.39	94	1,178	1.00	1.08	34	22		
c	2.43	147	1,507	1.01	1.35	34	22		石炭の介在物
d	2.33	188	1,432	1.08	1.15	37	16	50	
e	2.52	0	626	0.98	0.64	18	54		石炭の介在物
f	2.59	51	897	0.71	1.19	36	18		
g	2.51	156	1,730	0.94	1.67	35	20		頁岩層が存在
i	2.87	200	1,908	1.00	1.71	32	26		頁岩層が存在
25-a	2.30	0	810	0.99	0.82	26	38		
c	3.00	58	868	0.50	1.62	21	48		弱面から破壊
d	3.00	96	1,292	0.84	1.42	23	44	70	
e	2.94	148	1,678	0.99	1.55	28	34		
f	2.78	0	1,070	0.83	1.29	20	50		

三軸圧縮試験における差応力～軸ひずみ曲線、破壊モール円等の代表例を第5図(a)、(b)、(c)に示した。同一岩種でも試験片中に石炭、岩ばい等の介入物があるものと、ないものとがあるため、試験結果のばらつきはやむを得なかった。また黒色頁岩についても微細亀裂の有無等によって同様にばらつきがみられる。

第6図は粗粒砂岩(試料番号24)について行なった三軸圧縮試験結果から、封圧と破壊強度の関係を調べたものである。図のごとく直線近似を行なうと、次の破壊条件式が得られる。

$$\sigma_1 = 6.37\sigma_3 + 626 \quad (2)$$

またこれにより前と同様にして、クーロン・モールの破壊条件パラメータ、 μ (内部摩擦係数)、 S_c (凝集抵抗)を求めると、次のごとくである。

$$\mu = 1.06, \quad S_c = 124 \text{ kg/cm}^2$$

3.3. 試験結果の総括

以上の結果から当該岩石試料の試験結果を総括すると、一軸圧縮強度は砂質頁岩(試料番号15)で平均870 kg/cm²、薄黒色頁岩(試料番号17)で平均400 kg/cm²、粗粒砂岩(試料番号24)で630 kg/cm²および黒色頁岩(試料番号25)で696 kg/cm²であり、登川夾炭層の砂質頁岩や砂岩と比較すると全般に軟弱である。

三軸圧縮試験は試料の関係で封圧300 kg/cm²以下の低封圧領域における実験しか出来なかった。したがって(2)式の破壊条件は低封圧に関するものであって、内部摩擦係数 μ は1.06という1以上の値になったのは、この程度の封圧では岩石試料内の空隙はなお完全に閉鎖していないことを示すのかも知れない。

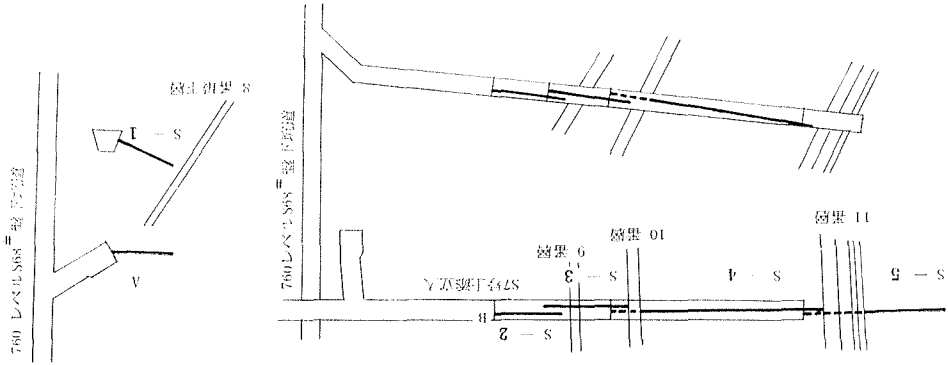
4. 美唄夾炭層岩石の強度試験結果

4.1. 供試岩石

美唄夾炭層は空知地区に広く分布し、その上部は赤平層、下部は若鍋層で構成されている。岩層は頁岩、砂質頁岩および砂岩の互層より成る。本試験における供試体は砂川炭鉱 760 m レベル南 6 号 8 番盤下坑道から 8 番層に向け 27 度上向に直径 50 mm で約 14 m 作孔した岩芯（試

第 4 表 美唄夾炭層岩石の強度試験結果

試料番号	P 波速度 (km/sec)	封 庄 (kg/cm ²)	破壊強度 (kg/cm ²)	限 界 ひ ず み (%)	ヤング率 (10 ⁵ kg/ cm ²)	破 断 角 (度)	内 摩 擦 角 (度)	部 角	圧 引 張 強 度 (kg/cm ²)	備 考
S-1-A-a	2.62	0	980	1.16	0.85	11	68			
b	2.89	52	1,052	0.96	1.04	21	48			
c	2.70	99	1,405	1.08	1.21	29	32	80		
d	2.83	158	1,672	1.34	1.13	20	50			
e	2.87	196	1,806	1.38	1.17	30	30			
f	2.88	252	2,072	1.40	1.30	21	48			
S-1-B-a	2.57	0	898	1.17	0.77	17	56	77		
S-1-C-a	3.13	42	1,142	1.00	1.10	20	50			
b	2.97	92	1,468	1.15	1.20	20	50	100		
c	3.26	0	1,180	0.98	1.20	18	54			
S-1-D-a	3.74	0	1,350	0.91	1.48	21	48			
b	2.93	95	1,745	0.84	1.96	22	46	91		
S-1-E-a	2.68	58	1,144	1.00	1.09	24	42			
b	2.94	140	1,660	1.01	1.51	31	28			
S-1-F-a	2.99	190	1,950	0.90	1.96	33	24	76	黄土色の介在物	
b	3.03	0	886	0.81	1.09	20	50			
c	2.59	0	680	0.96	0.71	10	70			
S-2-A	3.05	0	848	0.89	0.95	28	34			
S-2-B	2.08	0	780	1.15	0.68	8	74			
S-2-C	1.72	0	512	1.28	0.40					
S-4-A	1.91	0	474	0.92	0.51					角柱
S-4-B	2.43	0	440	1.41	0.31					角柱
S-4-C	2.16	0	780	1.11	0.72					角柱
S-4-D-a	3.21	0	500	0.63	0.79					
b	3.57	0	740	1.09	0.68					
S-4-E-b	2.70	0	766	0.93	0.84	12	66	102		
S-4-F-a	2.18	0	668	1.00	0.67	32	26			
b	2.72	0	1,012	0.95	1.07	22	46			砂岩類似
S-4-G-b	2.70	0	952	1.06	0.90	16	58	85		
S-4-H-a	2.30	0	468	0.91	0.51	20	50			
S-4-I-a	1.84	0	440	0.93	0.47					角柱
S-4-J-a	2.84	90	1,158	0.66	1.62	31	28			
b	2.74		684	0.74	0.92	23	44	50		頁岩を含む
d	2.84	186	2,178	0.96	2.08	33	24			
a'	4.16	0	1,156	1.19	0.97	20	50	146		
S-4-K-a	2.16	104	1,280	0.79	1.49	29	32			
c	2.25	0	800	0.86	0.93	28	34	47		
d	2.28	190	1,700	1.00	1.51	31	28			
S-4-L-a	2.59	0	1,236	1.35	0.92					角柱
S-5-A-a	2.40	106	1,442	1.05	1.27	29	32			
b	2.54	184	1,684	1.03	1.46	29	32			
c	2.45	159	1,619	1.08	1.35	31	28	64		
d	2.38	45	1,045	0.89	1.12	32	26			
e	2.33	0	812	0.98	0.83	16	58			
S-5-B-a	3.08	41	1,413	0.65	2.11	22	46			
b	2.97	94	1,724	0.88	1.83	30	30			
c	2.78	138	1,856	0.88	1.95	32	26	82		
d	3.15	196	2,216	0.90	2.24	31	28			
e	2.81	0	1,010	0.79	1.28	10	70			



S-1

作孔長 (M)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RQD (%)	0	33	15		39	7	17	34	0	0					
岩種	コア回収不能	砂岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩	砂質頁岩
試料番号		S-1-A	S-1-B	S-1-C	S-1-D	S-1-E	S-1-F								

S-2

作孔長 (M)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
RQD (%)	0	0	7	0	0	0	0	0	15	0	0
岩種	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	砂岩	砂岩	砂岩	砂岩	砂岩	砂岩	砂岩	砂岩	砂岩
試料番号		S-2-A	S-2-B	S-2-C	S-2-D	S-2-E	S-2-F	S-2-G	S-2-H	S-2-I	S-2-J

S-3

作孔長 (M)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	
RQD (%)	22																						
岩種	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	
試料番号	S-3-A	S-3-B	S-3-C	S-3-D	S-3-E	S-3-F	S-3-G	S-3-H	S-3-I	S-3-J	S-3-K	S-3-L	S-3-M	S-3-N	S-3-O	S-3-P	S-3-Q	S-3-R	S-3-S	S-3-T	S-3-U	S-3-V	

S-4

作孔長 (M)	0	13.7	16.7	19.7	22.7	25.7	28.7	31.7				
RQD (%)	0	0	23	0	38	0	31	37	17	18	19	15
岩種	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)	頁岩 (シマ状)
試料番号		S-4-A	S-4-B	S-4-C	S-4-D	S-4-E	S-4-F	S-4-G	S-4-H	S-4-I	S-4-J	S-4-K

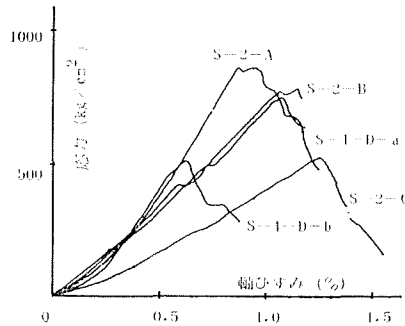
第7図 岩芯柱状図およびボーリング孔と炭層の位置関係

料番号 S-1 とした) および 760 m レベル南 7 号上添立入から同様上向に直径 50 mm で 9 番層, 10 番層, 11 番層を貫層作孔して得られた岩芯 (試料番号 S-2, S-3, S-4, S-5) から採取した。なおボーリング孔と炭層の位置関係は第 7 図に示す。また同図には肉眼観察による岩種および岩芯から判断された RQD の値も付記した。

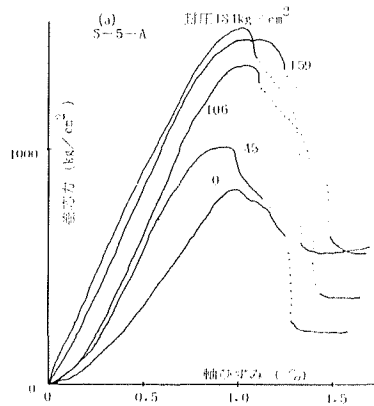
図より明らかなごとく, 岩芯は 8 番最下層の下盤および 11 番層の上盤は砂質頁岩, 砂岩が卓越しており, その他の大部分は縞状頁岩で構成されている。この縞状部分は剝離しやすいため頁岩を円柱形に整形することはほとんど不可能であった。そのため本実験では砂質頁岩および砂岩試料を主体にして試験片を作製せざるを得なかった。しかし一部の頁岩は約 25 mm × 25 mm × 50 mm の角柱に整形し試験に供した。試験片の寸法および実験条件等は前と同様である。

4.2. 試験結果

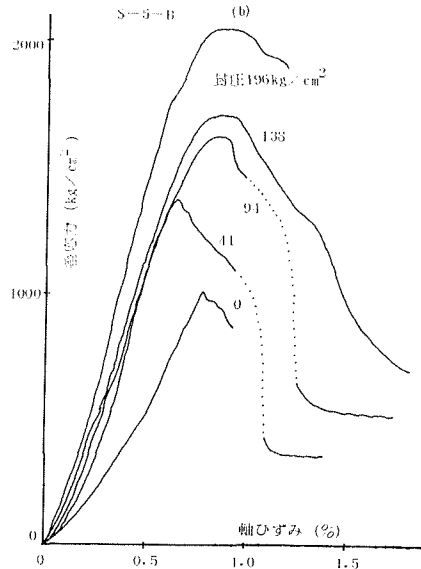
第 4 表は実験結果を表にまとめたものである。第 8 図は一軸圧縮試験の結果得られた応力～軸



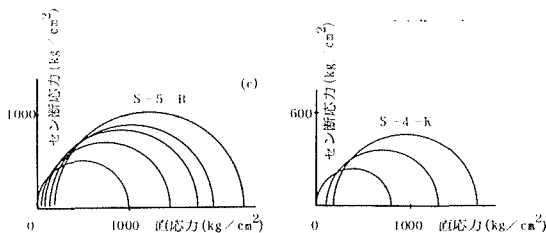
第 8 図 応力～ひずみ線図



第 9 図 (a) 差応力～軸ひずみ線図



第 9 図 (b) 差応力～軸ひずみ線図



第 9 図 (c) 破壊モール円

ひずみ曲線の例を示し、第9図(a),(b)は代表的な差応力～軸ひずみ曲線、第9図(c)は破壊モール円の一例を示している。また第10図は封圧と最大強度点との関係を示す。さらにこの図には最大強度点に達した後の残留強度も描いた。残留強度は破壊後、差応力～軸ひずみ曲線で応力が一定値まで低下した時の応力値をあらわす。

4.3. 試験結果の総括

採取岩芯の観察によると、砂川炭鉱(一坑)においては8番層下盤および11番層上盤に比較的均質で厚い砂岩又は砂質頁岩が存在し、その中間が石炭と頁岩で構成されている。頁岩部は縞状構造に富み砂岩部に比べRQDも低く、ほぼ10%以下であり、試料作成率も非常に悪かった(第7図参照)。

8番層下盤、8番層～11番層、11番層上盤の3つの部分に分け岩種ごとの一軸圧縮強度の平均値を比較してみると、8番層下盤と11番層上盤の砂岩類の強度は比較的高く、996 kg/cm²、911 kg/cm²である。一方これらに存在する岩石は一般に強度は低く、特に頁岩類は598 kg/cm²となっている。

三軸試験は試料作成の都合上、砂岩類についてのみ行なったが、第10図からわかるように、封圧の増加に伴ない、破壊強度、残留強度は増加し、あまりばらつきがみられなく砂岩類の均質性がうかがわれる。

5. 石炭の三軸圧縮試験

5.1. 供 試 体

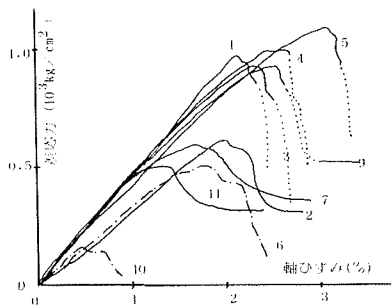
一般に砂質頁岩や砂岩の強度試験については、比較的多くの実験データが得られるが、石炭については試験片の作製がむずかしく余り試験が行なわれていない。特に三軸圧縮試験については、データは極めて少ない。

筆者らはたまたま赤平炭鉱550レベル11番層で採取した石炭(美唄夾炭層)試料について三軸圧縮試験を行ない興味ある結果をうる事が出来たので、ここに報告し参考に供したい。

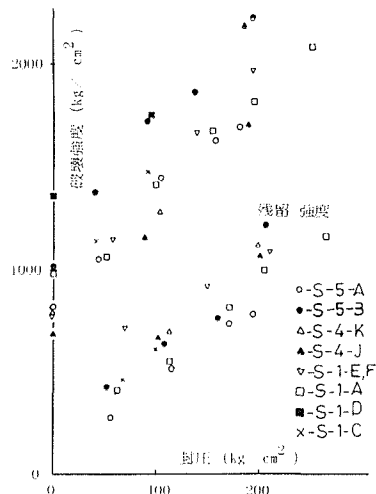
試験片は石炭ブロックから直径25mm、高さ50mmの円柱形に乾式整形して準備した。

5.2. 試験結果

第5表は実験結果をまとめたものであり、第



第11図 差応力～軸ひずみ線図



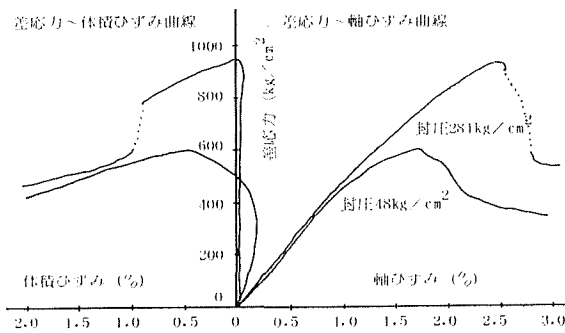
第10図 封圧と強度との関係

第5表 石炭の強度試験結果

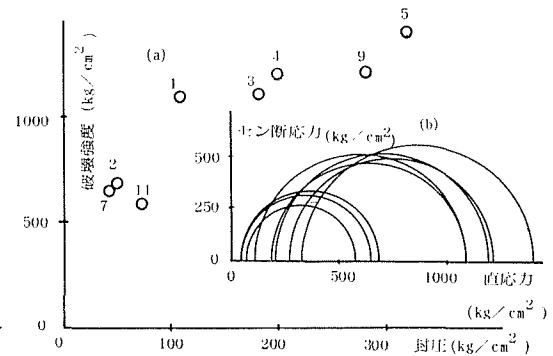
No. 1		
試料番号	一軸圧縮強度 (kg/cm ²)	ヤング率 (10 ⁵ kg/cm ²)
a	115	2.34
b	90	1.85
c	121	2.17
d	90	1.57
e	180	2.25
f	200	3.03
平均	133	2.21

No. 2

試料番号	封 圧 (kg/cm^2)	破壊強度 (kg/cm^2)	限界ひずみ (%)	ヤング率 ($10^5\text{kg}/\text{cm}^2$)	P波速度 (km/sec)	S波速度 (km/sec)	備 考
1	110	1,080	2.15	4.5	1.36	0.68	
2	49	359	2.40	1.3	1.40	0.70	
3	186	1,136	2.30	4.1	1.34	0.64	
4	200	1,200	2.65	3.8	1.37	0.65	
5	320	1,410	3.10	4.2	1.32	0.61	
6	204	704	1.75	2.9	1.45	0.65	油 浸 入
7	48	648	1.80	3.3	1.58	0.84	
9	281	1,211	2.50	3.7	1.24	0.69	
10	260	430	0.50	3.4	1.14	0.60	油 浸 入
11	74	574	1.40	3.6	1.24	0.62	



第 12 図 差応力～軸ひずみ～体積ひずみ曲線



第 13 図 (a) 封圧と強度の関係、(b) 破壊モールド

11 図はその 差応力～軸ひずみ曲線 を描いたものである。またこの場合、2, 3 個の試験片は変位計により横ひずみも測定した。第 12 図はその例であり、差応力～軸ひずみおよび差応力～体積ひずみ曲線を求めてある。第 13 図には封圧と最大強度点の関係およびこれら破壊点のモールド表示も行った。

5.3. 試験結果の総括

当該石炭の一軸圧縮強度はかなりのばらつきがあるが平均 $133 \text{ kg}/\text{cm}^2$ であり、ヤング率は $2.21 \times 10^4 \text{ kg}/\text{cm}^2$ である。

三軸圧縮試験は封圧 $300 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 以下の範囲で行なったが、封圧が $100 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 以上になると破壊強度が砂岩類にみられるような増加率を示さなかったことは意外であった。特に封圧 $100 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 以上では、最大強度点に達すると音を伴って急激な脆性破壊がおきるのに対して封圧 $100 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 以下では第 11 図にみられるように緩慢に破壊が進行し、破壊後の応力～ひずみ線図を X-Y ブロック上に描くことが出来た点は注目に値する。

また第 12 図の差応力～体積ひずみ曲線も封圧 $100 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 以下と以上とでははっきりと違いがみられる。これらは封圧下における石炭の挙動がこの封圧を界にして変わるためとも考えられるが、この点については今後追求すべき課題であると思う。

6. 結 論

古第三紀石狩層群の夾炭層岩石を対称とし、その物理的性質ならびに一軸圧縮、圧裂引張強度

および低封圧下（主に 500 kg/cm^2 以下）での三軸圧縮強度試験を実施した。

供試岩石は広く分布する層群のほんの一部から採取したものであり、これらの供試岩石の強度および特性は必ずしも対象とする夾炭層の性質を代表するものでないことはいうまでもない。しかし一応本試験結果から各夾炭層岩石の特徴を列記すると次のごとくである。

(1) 幌内頁岩は頁岩としては比較的堅硬で均質である。一軸圧縮強度平均 630 kg/cm^2 、引張強度 70 kg/cm^2 、ヤング率約 $2 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ 、RQD は $45 \sim 66\%$ であった。

(2) 幌加別頁岩は局部的に強度の大きいものもあるが、全般としては不均質で強度のばらつきが激しい。したがって、ボーリングコアによる RQD はすべての値が $10 \sim 20\%$ 程度にすぎない。一軸圧縮強度、引張強度、ヤング率の平均はそれぞれ 770 kg/cm^2 、 74 kg/cm^2 、 $1.10 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ である。

(3) 幾春別夾炭層は砂岩類および頁岩の互層からなるが、一軸圧縮強度の平均は、頁岩で 560 kg/cm^2 、中粒砂岩で $1,550 \text{ kg/cm}^2$ 、粗粒砂岩で 620 kg/cm^2 、砂質頁岩で $1,600 \text{ kg/cm}^2$ で、比較的堅硬な岩石で構成されている。

(4) 登川夾炭層も同様に頁岩、砂質頁岩、砂岩からなるが、砂岩類に比較すると頁岩の割合は少ない。一軸圧縮強度は岩種により異なり、その平均値は砂質頁岩で $1,559 \text{ kg/cm}^2$ 、砂岩 $1,177 \text{ kg/cm}^2$ 、中粒砂岩 823 kg/cm^2 である。

(5) 夕張夾炭層岩石は内部に石炭や岩ばい等の介入物を含む砂岩および頁岩で構成されており、強度にかなりのばらつきがみられた。登川、幾春別層に比較すると全般に強度が小さく、一軸圧縮強度の平均は砂質頁岩で 870 kg/cm^2 、薄黒色頁岩で 400 kg/cm^2 、粗粒砂岩で 630 kg/cm^2 および黒色頁岩で 696 kg/cm^2 であった。

(6) 美唄夾炭層は登川夾炭層と同様に頁岩類に比べ砂岩類が多い。しかし頁岩、砂岩とも縞状構造をなし、強度も比較的小さい。一軸圧縮強度の平均は砂岩で 954 kg/cm^2 、頁岩で 598 kg/cm^2 である。

(7) 岩石の他に赤平炭鉱石炭の強度試験結果も参考資料として付記した。

引用文献

- 1) 三川一：採炭学，上巻（昭39），松柏館。
- 2) 中村 章：学位論文（昭53），北海道大学。
- 3) 木下重教，他：工学部研究報告，76（昭50），pp. 1-10。
- 4) 木下重教，他：工学部研究報告，76（昭50），pp. 11-17。
- 5) 福島 篤・木下重教：日本鉱業会説，90（1974），pp. 699-704。