ガス突出を予知する一方法としての 簡単な炭層微粉化測定器*

正 会 員 黒 岩 忠 春**
正 会 員 田 代 鉄 人**

Simplified Predicting Apparatus of Outbursts of Gas and Coal

—On assessing the in-situ strength of coal by a cone-bit driver—

Tadaharu KUROIWA and Tetsundo TASHIRO

It is declared by our documents already described up to date that any sorts of coal more pulverized are generally capable to form a danger zone as to the outbursts of gas and coal, and therefore, the authors manufactured for trial a simple apparatus for assessing the in-situ strength of coal in dangerous seams.

This one, 40cm long and 1.5kg weighty, has a mechanism of spring to indicate the resistance of coal to the drive-in of a cone bit and is capable to be worked easily and rapidly by hand. The authors made experiments on the characteristics of resistance of plastic materials to the drive-in of cone bits, and on this measuring apparatus for accuracy and informing ability of the rate of pulverizations of coal in seams.

As a result of these studies both in laboratory and fields, this simple predicting apparatus manufactured for trial was recognized to be of use and found something to be desired in it's construction.

1. 序

ガス突出の予知は非常に困難なものとされてきている。これは従来の予知方法が、作業員の勘による前兆の発見ということに主として限られていたからである。それは突出の表われ方が複雑であり、前兆の表われにも千差があることから、信頼できる予知用計器をつくり出す端緒が見つけにくかったことに、大きな原因があると思われる。筆者らは、かねてより、ガス突出の発生条件ならびに現象について検討を重ね、得られた成果について既に幾らかの発表を行なっているが、発生条件の重要な因子の1つとして、炭層の微粉化をあげるべきことを明らかにしている。

予知上の主なる狙いは、突出箇所、突出時期および突出規模の3者であるが、これらを総合的に予測するには、計器による数値的観測が是非とも必要である。それは、単に過去の経験的事例に対する比較資料を提供するだけでなく、観測値の時間的変化をとらえることによつて、局所的な発生条件の特徴を明らかにすることができるからである。

ガス突出予知用の計器として一般に要求されることは、取扱いが簡単で、携帯が軽便、保安上の心配もなく、

堅牢かつ安価であることである。これらの条件を満足し、しかも炭層の微粉化状態を比較的正確にとらえることのできる装置の機構として、コーンの押込抵抗を計測する方式を採用した。コーン押込計は、従来より塑性体の強度や硬度の測定、とくにダム工事中の固化コンクリートの強度測定、表土層の安定性の測定等に使用されているが、これを炭層の強度測定に利用しようとする試みは、今までになかったわけではない。最近、Evans および Davis の両氏は水圧プレスを使用してこの測定を行なっており、また Hustadt の堅さ試験法²⁾もこの原理にもとづくものである。ただし、これらの利用目的は、すべて切削式採炭における炭層の掘削性を明らかにしようとするものであるので、炭層の亀裂や強度上の不均質性による、測定値の大きなばらつきに困惑したようである。本文に提示した突出予知器としてのコーン押込計はその対象とする炭層、また炭層内の箇所が、すでに相当の粉化作用をうけており、かつ軟弱なものとなっているので、このような測定値のばらつきは少なくなる。それだけではなく、この付近の石炭は、本来、押込計が主用されている塑性体に近い準流動性を示すので、コーン押込計による計測は、信頼性の高いものになる可能性がある。

筆者等は、これらのことを考察し、簡単なコーン押込計を試作した。ついで、本器について実験室的な検討を加え、測定器としての基本的な性能を明らかにしたうえ

* 昭和35年6月30日受理

** 資源技術試験所第6部炭層ガス研究室

第1図 使用中の測定器

第2図 測定器の分解図

で、炭鉱坑内における現場測定を行なつた。

2. 測 定 器

第1図は炭層に対して測定使用中の本器の外観を示すもので、第2図はその分解図である。同図の①は本体で、内径40mmφ、長さ270mmの鋼管で出来ている。②は水準器で、測定者は上方からこれを眺め、ほぼ水平に押込むことができる。③は右取手(木製)で、これに右肩の押付力を与えると、それが前方のばねを縮めて、先端のビットに伝わる。④は左取手(木製)で、これで器体を支える。⑤はビットで、0.7~0.8%の炭素鋼を焼入してつくる。これには6種類あつて、ねじ締付けで付替えができるようになってゐる。⑥は押付力の目盛板で、中央の縦みぞを、ばねの前方のロッドについたピン⑦が動くようになってゐる。

本器の主なる性能について示すと次のとおりである。

重 量 kg	1.5	ばね円筒の長さ mm	145
寸 法 mm		有効巻数	13
長さ(ビット含まず)	400	押付力の目盛:	
管体の長さ	280	長 さ mm	60
巾	240	最大押付力 kg	30
管体内のばね:		坑内測定の際の押付	
ばね係数 kg/mm	0.5	力調節精度 kg	0.25
鋼線の直径 mm (ばね鋼)	3.4	力調節精度 mm	0.5
ばね円筒の平均半径 mm	17	常用押付力 kg	20
ビット:			
A形—尖端角 10° コーン, 押込可能長さ 70mm			
B形—尖端角 20° コーン, 押込可能長さ 50mm			

○ブリネル値
●本測定器値

第3図

均質な模擬塑性材に対してブリネル硬度試験機を使用した場合と本測定器を使用した場合との押込比較試験

C形—尖端角 20° コーン, 押込可能長さ 50mm
D形—テーパ交角 10° 丸頭コーン(2R), 押込可能長さ 70mm
E形—テーパ交角 30° 丸頭コーン(2R), 押込可能長さ 50mm
F形—尖端角 40° コーン, 押込可能長さ 30mm

炭層の奥部の押込抵抗を測定したい場合には、必要な長さ(例えば1~1.5m)だけオーガ作孔を行ない、その長さだけのロッドをビットの手前えに補足接合する。

ビット刃先の摩耗については、石炭試料に対して実験回数100回、ついで、炭層に対して100回の試験を連続して行ない、この間の刃先の変化を、逐次、顕微鏡によつて観察したが、石炭試料に対する実験の初期に、先端が0.1mm以内の摩耗あるいは切損をするだけで、その後はほとんど摩耗は進行しないことが認められた。丸頭コーンであるDおよびE型ビットには、まったくこのような虞はない。

本測定器の目盛に表われる観測精度は0.25kgであるが、対象体の押込抵抗のほか、ばねおよびロッドの管壁面との摩擦があるほか、押込速度や押込方向を厳密に一定にすることが困難であるので、それらにもとづく誤差も考察しなければならない。この点を明らかにするため、均質試料を作り、これに対して、ブリネル硬度試験機の先端にコーンビットを取り付けたものと本測定器との精密な比較試験を行なつた。石炭とほぼ同じ堅さの模擬試料 No. 12 (第1表参照) について得られた結果を示すと第3図の通りで、前者に比べて計測値のばらつきが若干多くなつてゐることが認められる。これらは公算誤差0.23mmを示しているが堅い試料ではもつと小さく表われる。押込量に対する比率においてみると2~4%の範囲である。実際に坑内測定を行なう場合は、前記のように、押付力の調節に0.5kg以下の誤差があるので、これが測定値の誤差に追加されることになる。本試験の際のブリネル試験機の押込力変化速度は約1kg/secであつたのに対して、測定器のそれは約10kg/secであつた。

3. 石炭単体ならびに炭層の押込抵抗に関する考察

3.1 石炭単体の押込抵抗

亀裂の少ない石炭の単体試料があつて、これにコーンを押し込んだ状態を考えると、この時、単体が示す抵抗は、円錐側面に対する石炭の摩擦抵抗と側面に直角な方向への抵抗力との合力によって表わされる。

いま、これらの間の応力関係を明らかにするため、均質塑性材料に対して、完全対称の円錐尖端が押込まれる場合を想定すると、それは次のように解析される。

第4図において、まず円錐側面上の微小部分 ds にかかる抵抗の合力を求めると

$$R \cdot ds = \sqrt{(n \cdot ds)^2 + (\mu n \cdot ds)^2} \\ = \sqrt{n^2 + (\mu n)^2} \cdot ds \dots\dots\dots (1)$$

ここで n : 材料の抗圧力

μ : 円錐側面と材料との摩擦係数

合力 $R \cdot ds$ は円錐体の軸に平行な dp と、これに垂直な dt とに分けられるが、このうち dt は、円錐体が完全な軸対称を示しているので、互いに対称側の dt と相殺されることになる。したがって、押込みに対する抵抗は次のようになる。

$$dp = \sin(\gamma + \theta) \sqrt{n^2 + (\mu n)^2} \cdot ds \dots\dots\dots (2)$$

ただし $\theta = \tan^{-1} \mu$

2γ : 円錐体の尖端角

dp を ds について積分すると

$$P = \int dp = \int \sqrt{n^2 + (\mu n)^2} \cdot \sin(\gamma + \theta) \cdot ds \\ = \sqrt{n^2 + (\mu n)^2} \cdot \sin(\gamma + \theta) \cdot \pi r \sqrt{r^2 + h^2} \dots\dots (3)$$

ここで h : 円錐体の押込深さ

r : 押込深さ h の場合の円錐底面の半径

(3)式を変形して

$$P = \pi \cdot n \sqrt{1 + \mu^2} \cdot \sin(\gamma + \theta) \cdot h \cdot \tan \gamma \sqrt{h^2 + r^2} \\ = \pi \cdot n \cdot h^2 \cdot \sqrt{1 + \mu^2} \cdot \sin(\gamma + \theta) \cdot \tan \gamma \sqrt{1 + \tan^2 \gamma} \dots\dots\dots (4)$$

第 4 図

$$\text{いま } \sqrt{1 + \mu^2} = f(\mu)$$

$$n \cdot \sin(\gamma + \theta) = \phi(n, \mu, \gamma)$$

$$\tan \gamma \sqrt{1 + \tan^2 \gamma} = \phi(\gamma)$$

とすると

$$P = \pi \cdot h^2 \cdot f(\mu) \phi(n, \mu, \gamma) \phi(\gamma) \\ = \pi \cdot h^2 \cdot F[\mu, n, \gamma] \dots\dots\dots (5)$$

あるいは

$$h = \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot F[\mu, n, \gamma]}} \dots\dots\dots (6)$$

(5) および (6) 式の $F[\mu, n, \gamma]$ は、同一のコーンを使用し、また材料が均質な塑性流動を示すものであれば常に一定である。すなわち、この時の押込抵抗は、押込深さが増すにつれ、その2乗に比例して増加する。一方押込深さについてみれば、それは押付力の平方根に比例することがうかがわれる。

つぎに、コーンや材料の影響を、(4)式および(5)式によって解析すると次のとおりである。

(イ) コーンの刃先角 2γ が大きくなれば、抵抗は、 $\sin(\gamma + \theta) \cdot \tan \gamma \sqrt{1 + \tan^2 \gamma}$ に比例して増加する。

(ロ) 円錐側面と材料との抵抗 μ が大きくなれば、抵抗は、 $\sqrt{1 + \mu^2} \cdot \sin(\gamma + \theta)$ に比例して増加する。

(ハ) 材料の抵抗力 n が大きくなれば、抵抗は $n \cdot \sin(\gamma + \theta)$ に比例して増加する。

普通の石炭は、不均質な脆性物質であるので、コーンの刃先角が大きくなると、押込みの途中で、炭面近くがせん断破壊をおこすことがあり得るので、押込深さと押込抵抗との関係は、(5)および(6)式で $F = \text{Const.}$ とした

第1表 押込試験に使用した単体試料

試 料	シ ョ ア 硬 度	圧縮強さ kg/cm ²	微粉化率 ²⁾ %	ブリネル硬度 ²⁾ 計を使用した コーン刃先の 押込量(推力 20kg, 刃先角 30°) mm	
石 炭	常磐炭(中郷上層)	54	138	53.7	1.8
	幌内炭(新幌内鉱)	76	350	66.0	—
	大島炭(大島本層)	40	49	73.1	—
	北松炭(鹿町本層)	21	36	76.4	3.5
模 擬 試 料	No. 1(0.9・1)	4	16	92.5	—
	No. 2(0.7・3)	6	—	91.8	—
	No. 3(2.8・0)	5	13	94.8	5.3
	No. 4(3.6・1)	6	24	93.5	4.4
	No. 5(3.4・3)	10	29	94.3	5.7
	No. 6(3.2・5)	15	64	94.0	4.1
	No. 7(4.0・6)	17	77	94.0	4.1
	No. 8(4.6・0)	9	64	94.0	3.8
	No. 9(5.4・1)	10	88	85.3	3.7
	No. 10(5.2・3)	15	119	89.5	2.0
	No. 11(5.0・5)	19	109	91.0	2.7
	No. 12(6.0・4)	20	101	92.0	2.2

備 考

(1) 石炭の圧縮強さは層理に直角な方向の圧縮によるもの。

(2) 微粉化率は本試験室の試験器によるもの³⁾

(3) 模擬試料の各成分の配合比は重量比による。

(4) 模擬試料の養生条件 各成分をよく混合したものに水を加え、捏り合せ、型枠に流し込み、室内の雰囲気中で48hr. 放置、次にデシケータ中で48hr. 脱水する。更に50°C. の恒温器で48hr. 乾燥したものについて試験を行なった。

A—常磐炭 (1~7: コーン刃先の尖端角 20°), B—北松炭 (1,2: コーン刃先の尖端角 20° ; 3,4: コーン刃先の尖端角 40°)
 模擬試料 (1: コーン刃先の尖端角 20° ; 2: コーン刃先の尖端角 40°)

第5図 石炭および模擬試料の単体に対し、ブリネル硬度試験機を使用した押込比較試験

場合ほど完全な拋物線的傾向としては認めがたくなる。

また実際には、かなりの亀裂が存在するので、押込抵抗のばらつきは、更に大きくなることが予想される。

これらの点を実験的に明らかにするため、石炭試料4種、またこれらとほぼ同じ強さを持ち、かつ均質な塑性試料として、12種(石灰、セメントおよび100 mesh フリイ下微粉炭の3材料を、それぞれ異なった比率で混合したもの)をつくり、これら全試料に対し、コーンを取り付けたブリネル硬度試験機で押込試験を行なった。この時の各試料は第1表のような内容のものであつた。

これらの試験結果の数例を示したのが第5図で、同図によつて次のことがうかがわれる。

石炭試料の押込深さを示す数値には、模擬試料に比べ

るとかなりの不規則性があり、それは、押付力があまり高くない範囲において、特に顕著である。また一般的な傾向として、亀裂の少ない部分の石炭の押込抵抗は、塑性体のそれに近似してくる。これは、石炭がコーンの周辺において、部分的な破壊をおこし、押込みとともにこれらの細片が移動して、擬塑性体の性状を呈するためであると考えられる。

3.2 炭層の押込抵抗

炭層の亀裂には、大きく分けて、石炭に固有の亀裂、地殻変動によつて2次的に派生した亀裂、さらに採掘に伴なつて発生する亀裂の3つがある。しかし、これらには互いに相関性があり、亀裂性の石炭が同様の地殻変動および採掘条件のもとでつくる亀裂は、非亀裂性の石炭よりも多いものになってくる。しかしまた一方では、強力な地殻変動をうけると、石炭はその潜在亀裂(coherent cleat)が顕在化して、非常にこわれやすくなり、全体として微粉化性の炭層に変貌する。

筆者は昭和27年より昭和29年にかけて、全国的に本邦炭の粉化率*を調査した⁴⁾。

これは、試料採取点122にわたるもので、この結果、本邦の炭層が第3

紀地殻変動のために、部分的に粗粒破壊をきたしていることを明らかにした。これらは、多くフライアビリティの増加となつて表われているが、稀に逆断層その他による強力な側圧をうけて、微粒破壊をおこし、グラインダビリティが顕著に高くなっている箇所が認められた。これらの箇所には、微細な亀裂が無数に派生しており、か

第6図 本邦炭の grindability と 灰分含有率との関係

* Friability percent by A.S.T.M. Tentative Method of Tumbler Test for Coal (D441-37T)
 Friability percent by A.S.T.M. Tentative Method of Drop Test for Coal (D440-37T)
 Grindability percent by A.S.T.M. Tentative Method of Grindability of Coal by the Ball-Mill Method (D408-37T)

つ炭質としても軟化している。

一方、本調査で対象とした全石炭について、灰分含有量とグライндаビリテイとの関係について、検討した結果が第6図である。同図によつて、瀝青炭およびそれ以下の本邦炭には、灰分の多寡によるグライндаビリテイの変化は、ほとんど認められないことが明らかである。

これらは、地殻変動によつて炭化の進んだ、いわゆる乾留炭化の結果で、強力な変動を生じたと思われる断層その他の粉碎帯では、含媒炭（ホヤ）であると石炭であるにと拘らず、かなり微粉化が進んでいるものとみることができる。

以上の諸検討から、次の点を指摘することができる。一般に、炭層には大小の亀裂が多いので、石炭の単体試料にもまして塑性的性質が強く表われる。しかも、より不均質であるので、押込抵抗の大きさには、かなりのばらつきが伴うはずである。しかし、微粉化の進んでいる箇所炭層では、石炭は全く塑性体とみなすことができ、またその箇所での押込抵抗のばらつきは少ない。と同時に、微粉化は比較的狭い範囲に限られるため、他の箇所とははっきりした違いが認められる。

4. 石炭単体ならびに炭層に対する 本器の押込試験

4.1 石炭単体に対する押込試験

前掲の第5図によつて明らかなように、石炭の不均質性および亀裂の派生によつて、ほぼ同じ強度特性を有する模擬試料に比べると、押込抵抗値のばらつきは多い。しかも、押付力が比較的小さい範囲—実際の使用範囲—において、この傾向は著しい。本器を使用した場合には、そのうえに本器自身の計測上の条件誤差も加えられるので、ばらつきは更にひどくなることが予想された。

この状態を明らかにするため、石炭試料および模擬試

a—石炭(常磐炭), b—模擬試料(No. 12)

第7図 本測定器による単体試料の押込試験

料に対して、実験を行なつたが、刃先角 20° の場合の代表的な結果を示したのが第7図である。本実験では、 $7 \sim 10\text{cm}$ 角の塊炭の片面を平らにし、これを上面として、周囲を鉛で固定した。また、石炭試料に対する押込みは、炭面 10cm^2 に対して20の割合いで、なるべく割れ目を避けるようにして行なつた。なお試料の割れを予防するため、押込みは層理に対して直角の方向にだけ行なつている。同図に掲載した石炭試料は常磐・中郷炭であり、これは他の3種の石炭に比べると、最もばらつきが多く表われている。同図に掲載の模擬試料 No. 12 は常磐炭とほぼ同じ押込抵抗を有するもので、石炭に比べると、比較的安定した押込抵抗を示している。

これらは、押付力の小さい範囲であり、かつ試料の抗圧力が大きいので、第5図のような拋物線の傾向はまだ、はっきりと表われていない。

4.2 炭層に対する押込試験

炭層は石炭の単体試料に比べると亀裂の影響が大きく、塑性的性質も強く表われる。また地域差が著しくなる。これらの傾向をうかがうために、常磐・中郷炭鉱の坑内において、中郷上層を対象とした本器の押込試験を行なつた。同炭層は非粘結性褐炭にぞくし、一般には堅いはずであるが、砂質頁岩あるいは粗粒砂岩の脆弱な上下盤に夾まれており、小断層も多いため、かなり粉化率の高い石炭となつている。筆者の調査によれば、同炭のタンブラ試験機によるフライアビリテイの値は30数%で、これは褐炭から无烟炭にわたる全国的な平均値よりそれほど低い数字ではなく、褐炭のわりには、粉化の進んでいる炭層である。ただし、グライндаビリテイは30%以下で、全国平均値に比べるとかなり低い。これらのことは、大きな地圧、かなりの断層粉化等によつて、もたらされたものと推定される。

同鉱は、230m 上層払(深度—490m, 傾斜 10°)を稼行しており(昭和35.2現在)、同層は第8図のような炭柱を有している。

第8図 中郷炭鉱230m上層払炭柱図

a—ひどくもめている箇所(炭層), b—もめていない箇所(炭層)
c—実験室(石炭試料)

第9図 本測定器による石炭および炭層の
押込比較試験(刃先角25°常磐炭)

普通の炭層状態についての押込試験は、主として同坑の石炭部分に対して行なつた。また同じ坑内の運搬坑道である北斜坑には、断層や褶曲によつて著しく炭層がもめている箇所が散在しており、含煤炭や盤際炭にこの傾向がよく表われている。ひどくもめている炭層状態についての押込試験は、主にこれらの箇所で行なつた。

本測定によつて得られた結果を、同層の払切羽から採取した石炭の単体試料の試験結果と比較してみると、第9図のようになる。この場合、10cm×10cmの炭面に対して、10点の割合で押込みを行なつているので、押込点密度は、石炭に対する場合の $1/20$ にあたる。ただしこの場合は、採取点にある程度の選択を行ない、目に見えて大きい亀裂は、押込点の対象から除外している。

同図から、それぞれの場合の確率誤差を求めると

押付力20kgにおける誤差率		
a の場合	0.34mm	0.75%
b の場合	2.56mm	13.5%
c の場合	0.60mm	24.6%

となり、固定石炭試料(c)に比べて、炭層(b)では塑性的性質が強く表われ、またそれだけに亀裂の有無にもとづく差の著しいことが認められる。

これに対して、ひどくもめている箇所の炭層(a)には、押込みに対する塑性流動が明瞭に認められ、塑性体に近い状態であることがうかがわれる。また亀裂の派生が微細にわたっているので、押込量のばらつきも少なく、ほぼ安定した抵抗を示している。a箇所における、いまひとつの特色は、他の2つの場合に比べて、(6)式で示される拋物線の傾向がよく表われていることで、これはa箇所の石炭が塑性体に近い状態であること、ならびに、 μ および n の値が小さくなっていることによるためと考えられる。

5. 炭層微粉化性の計測上の性能

5.1 ガス突出箇所の炭層の微粉化性

●—普通の箇所, ●—もめている箇所
第10図 本測定器による炭層の押込深さ(押付力20kg, 刃先角20°)と当該箇所別構成石炭の微粉化率との関係

ガス突出には幾つかの原因が予想されるが、その一要因として炭層の微粉化があげられる。これについては、微粉化性の高い石炭および含煤炭に対する突出ならびに脱着試験⁵⁻⁷⁾、理論的な吟味⁸⁾、突出箇所における現場調査⁹⁻¹⁰⁾、また突出危険区域に対する粉化率測定等の結果をもとに、筆者らが推論していることであるが、このなかの、突出箇所における現場調査から、微粉化性の局部的増加の特徴をうかがうと次のようである。

a) S炭鉱A坑におけるガス突出の箇所(昭32)

同坑西4片の引立てでガス突出が発生し、突出粉炭約55m³、突出ガス約60m³/tが生じた。この箇所は、落差約1mの二重集合性逆断層の近くで、突出箇所周辺の石炭および含煤炭を試料採取して、圧縮衝撃式粉化試験^{前出3)}を行なつたところ、同一炭層の普通の箇所では、微粉化率が70%以下であつたものが、75~80%に急激に増加していることが認められた。突出箇所の近くの高落差(9.1m)正断層近くでは、僅か3%の増加が認められた程度である。そこではガス突出はおきていない。

b) G炭鉱H坑におけるガス突出の箇所(昭33)

同坑No.8片盤S₂払上添引立の沿層掘進中にガス突出が発生した。これは突出粉炭約40m³、突出ガス約70m³/tの規模のもので、突出箇所の奥部に予知にくい小断層があつた。突出をおこしたB・Ⅲ層の中炭にあたる部分は、とくに初期ガス脱着速度指数の高いもので、かねてより突出の危険の多い炭層として警戒されていた。この突出箇所付近だけでなく、一般に突出の兆候がしばしば認められる他の箇所からも詳細な試料採取を行ない、微粉化率、その他の総合調査を行なつたが、この時明らかにされたことは、ガス突出危険箇所における石炭の微粉化率が80%以上を占めており、他の箇所の70数%とは、確然たる差を示しているということである。

5.2 炭層の微粉化性と本器の測定結果

中郷上層について行なつた上記の坑内測定の結果を、

当該箇所の石炭の微粉化率と比較して見たのが、第10図である。

同図は押付力 20kg の場合における押込深さを比較したもので、炭層がひどくもめて、微粉化率が70%を越している箇所では押込深さはかなり大きくなり、またこれに伴ってデータのばらつきも少なくなっていることが認められる。

すなわち、本器による微粉化性の計測の場合は、次の2点に対する観察が可能である。

イ) ガス突出の危険を呼びがちな炭層の微粉化率、すなわち70~80%以上を、20~30mm の目盛差によつて読みとることができる。(コーンの刃先角 20°, 押付力 20kg の場合)

ロ) 押込抵抗の変動が少なくなるのを読みとることによつて、塑性流動による比較的均質な抵抗が表われていること、すなわち炭層の微粉化が相当に進んでいることを察知することができる。

実際にガス突出事故を多く見る炭層は、普通でも微粉化性が高く、そのなかの危険箇所の付近で、それが更に微粉化している状態と考えることができる。

このような場合は、尖端角 20° あるいは 10° のビットでは、観測精度は高いけれども、押込深さが非常に大きくなり、長いコーンを必要とすることになる。この不便をなくし、コーンがあまり長くならないようにするためには、(5) および (6) 式に従つて、ビットの尖端角(2 γ)を大きくし、普通の押付力 P の範囲での、 h がそれほど深くならないようにするのがよい。これには、尖端角 30° (C形)、40° (F形) あるいは丸頭コーンの利用が考えられる。これらのコーンを使用すれば、(4) 式の γ が大きくなるだけでなく、同じ押込深さに対する微粉化炭の移動量も多くなるので、 μ の値も若干大きくなることが予想される。したがって、同じ微粉化率の差に対しても h の動きは更に小さくなるので、 h の測定にダイヤルゲージを取り付けて、計器による精度をあげ、 h の僅かな差を拡大すべきである。

試みに、第4図の 2 γ が 20° の場合と 40° の場合とについて、 n 、 μ および h が一定な状態での押込抵抗 P を計算すると、後者は前者の4~5倍になつて表われる。これは一定の押付力に対する押込深さが半分以下になるこ

とを意味している。

6. 結

本測定器は、ガス突出の危険箇所周辺では、炭層が一般に微粉化し、塑性的性質を帯びていることに着目し、塑性体の強度や硬度の測定に、従来使用されていたコーン押込計の原理を利用したものである。計測精度その他は、この種の装置に要求される小型、軽量、堅牢、安価、安全等の諸条件から考えて、一応は満足できるものであらうと考える。

とくに軟かい炭層に対しては、もつとばね係数の小さいばねを使用したり、押込抵抗の大きなビットを用いてダイヤルゲージを取り付けたりして、小形のままで、計測精度を高める余裕を十分に持っている。また炭層奥部の測定を行ないたい場合には、ビットの手前えにロッドを取り付けるだけでよい。

本器による炭層の微粉化測定と、筆者らがさきに提案している炭層の初期排ガス速度指数の測定、また連続的なガス濃度測定等を総合的に利用することは、ガス突出を予知するうえに有効であらうと考える。

本文を終るにあたり、御指導を賜つた波止先生、伊木先生ならびに鈴木第6部長に対し、謹しんで謝意を奉るとともに、現場試験に御協力をいただいた常磐炭鉱株式会社の各位に、厚く御礼申しあげる。

参 考 文 献

- 1) I. Evans & R. Davis: An apparatus for assessing the in-situ strength of coal (Coll. Eng., June 1959 pp. 234~240).
- 2) Klaus Spies,: Unteruchung der Gewinnbarkeit von Steinkohlen unter besonderer Berücksichtigung der Schalen der Kohlengewinnung; Glückauf, Heft. 43/44, SS. 1285—1297.
- 3) 筆者: 石炭のガス脱着の初期現象について, 日鉱誌73—829 (昭32) 435頁
- 4) 筆者: 本邦炭の粉化率およびその決定基準についての研究, 九鉱誌22-7 (昭29) 182~193頁
- 5) 筆者: (前出), 日鉱誌, 73—829 (昭32) 431~436頁
- 6) 筆者ら: 石炭のガス脱着性によるガス突出ゾーンの研究, 日鉱誌75—849 (昭34) 161~166頁
- 7) 筆者ら: 突出現象に伴う石炭の粉化ならびにガス放出に関する実験研究, 日鉱誌 76—862 (昭35) 227~232頁
- 8) 筆者: ガス突出のゾーン形成および突出機構に関する二, 三の考察, 採鉱と保安 3—11 (昭33) 1~19頁
- 9) 筆者ら: 断層付近のガス突出に関する調査研究 (I), 採鉱と保安 5—5 (昭34), 1~10頁
- 10) 筆者ら: 断層付近のガス突出に関する調査研究 (II), 採鉱と保安 5~10 (昭35), 1~8頁