

る。又壮年初期に属する部分は田部川以南の半島部、深川流域、掛淵川流域及び諸川の山間地域で侵蝕は一般に後れている。以上2地域間の部分は両者の中間地域で壮年中期にあるものと思われる。而し現在の侵蝕力そのものは一般に水系密度の小なる地域に於て却つて大であり、水系密度の大なる地域に於ては侵蝕力は漸減している。山地や準平原の縁辺及び海岸線の附近に於ては一般に地殻の隆起に即応して地形は直に若返る結果、侵蝕力が急に大となるのは自然の理である。

9. 結 語

この地域の主分水界が著しく北に偏しているため長大な河川は南流し、これに次ぐものは多く北流し、僅かの小流のみは西流している。これ等の川の成立の新旧を河床断面、蛇行率及び侵蝕程度より考うれば吉田、厚狭、粟野の3川が古く、その他の河川は概ね若い川であるといふことができる。又各流域間の争奪現象より見れば最も優勢な川は吉田、厚狭の2川で絶えずその流域を拡大しており、その他の小流ではその流域をば大河のため既に先取されているので将来の発展性に乏しい。又河床断面の研究によれば当地域に近代週期的隆起のあつた事実も知ることが可能である。

参考文献

1. 1932 E. R. Zeinits: Drainage Pattern and their Significance. Jour. Geol. 40 493~521
2. 1931 D. W. Johnson: L'evolution du réseau fluvial dans La Partie Central de Appalaches. Ann. Géogr. 40, 589~654
3. 1919 E. Chaput.; Les Variations de niveau de La Loire et ses affluents pendant les dernières Geologiques. Ann. Géogr. 28, 81~92
4. 1899 W. M. Davis: Vallée à Méandres. Ann. Géogr. 8, 170~172
5. 1922 W. A. Tarr: Entrenched and incised meanders of some stream on the northern Slope of Ozark Plateau in Missouri. Jour. Geol. 32, 583~600
6. 1933 A. C. Watts: Terraces and Coulees along the Columbia River near Lake Chelan, Wask Bull. Geol. Soc. Ann. o VII. 44pp. 783~820
7. 1950 鈴木 倉次 : 山口県中部に於ける河川の地学的研究 日本地質学会 西日本支部会誌 3月号
8. 1949 鈴木 倉次 : 宇部地方に於ける近代の地殻運動の一考察 日本地質学雑誌 55, 648~649
9. 1952. 鈴木 倉次 : 錦川流域の地学的研究 山口大学工学部学報 3巻 1号
10. 1948 小林 貞一 : 日本地方地質誌中国
11. 地質調査所 : 20万分の1 日本帝国 地質図山口図幅
12. 1950 中央気象台 : 台風キジヤ 概報
13. 1951 中央気象台 : ルース台風資料
14. 1952 山口大学 : 山口大学佐波川調査会報 第1号

拂前方の地圧測定について

樋 口 誠 一
石 原 俊
萩 野 正 二

1. 緒 言

払前方の炭層は採掘の影響が及ぶと以前よりも増加した荷重を受けるようになる事実は片磐坑道の支柱が破損すること等からも明らかであるが、この荷重の分布状態やこれに対する見解は一様ではない。また払前方では地圧の波、すなわち炭層やその附近の地層の厚さの減衰波形的増減や坑道支柱にかゝる荷重の週期的増加が

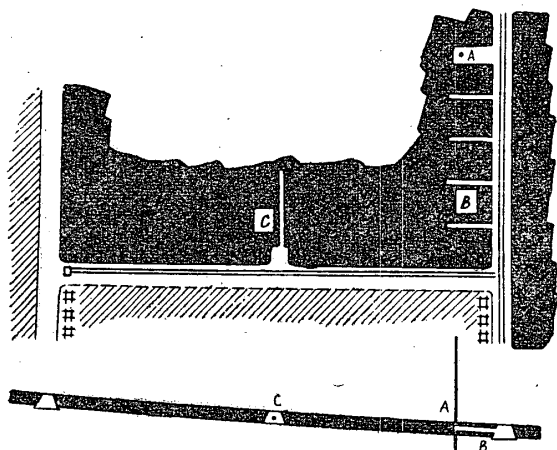
従来しばしば報告されている。これ等の問題については未だ明かでない点が多いのでこれを坑内の実測によつて究明すべく払前方の炭層に加わる荷重、炭層附近の岩盤の変形および支柱にかゝる荷重の払の接近や時間の経過に伴う変化を測定し、これと地表からの深さ、岩石の力学的性質等との関連性を検討した。

2. 測定方法および測定結果

上記の観点から一つの切羽で下記の数種の方法の中何れか一つまたは二つ以上の方法によって測定を行った。坑内実験は色々な点で制約を受けるため測定が不成功に終る場合も少くなかった。

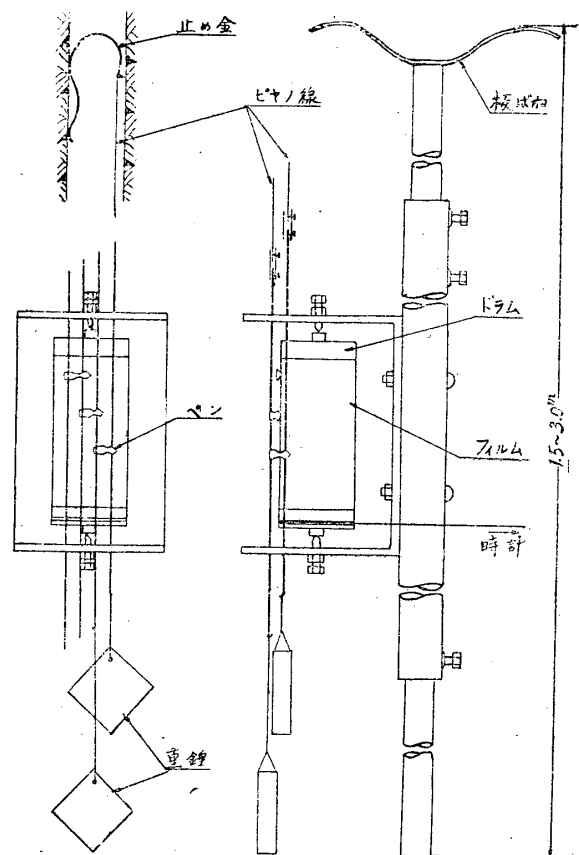
① 払前方の岩盤の変形

払前方においては払の接近と共に地圧が高められるからここに坑道があれば周囲の岩石はこの空間に向つて移動する。岩盤を粘弾性体として扱ふとこの変形は弾性、流性変形や破壊された岩石塊の動きを含むものと考えることが出来る。したがつて変形の大きさと炭層の受ける荷重の変化との間には一般に簡単な比例関係はないが変形量から地圧の増加する状況を推定し得ると考えて下記の実験を行った。



第1図 測定器の位置

第1図Aに示すように片盤から払面に平行に5m程度の掘込みを行い、この先端付近で上下磐にそれぞれ5~8m, 1~5m穿孔しここに第2図に示すような止め金具を、先端をY形にした棒によつて挿入した。止め金具は径2mmのピアノ線を曲げて作ったもので、その弾性によつて孔中の任意の位置に固定することが出来る。これの下部には径1mmの長いピアノ線が接続され、記録用ペンを附した棒を介して吊された約1kgの重錘により緊張している。ドラム径は60mmで時計により1日約20mmの円周速度で回転しドラムの表面に巻いたセルロイド板にペン先の動きが掻き傷として記録さ

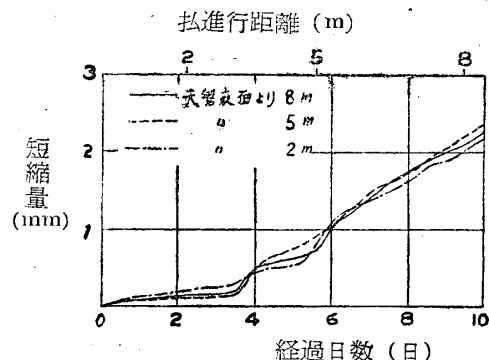


第2図 岩盤の変形の測定に用いた計器

れる。この動きは止め金具が孔壁に接している点と下磐の孔底との距離の変化量を示すものである。天磐の測点は地層の状態に応じて3~5箇をとり、これ等の動きを同時に記録するようにした。下磐の孔は磐膨れの影響を少なくするためのものである。

田川鉱業所における測定

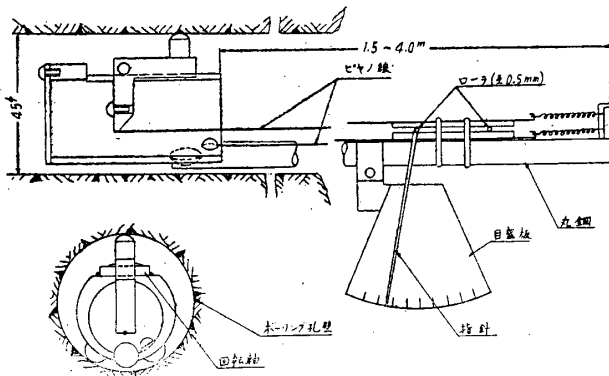
測定切羽は本坑竹谷層右7片払で切羽の山丈1.35m, 炭層傾斜12°, 地表からの深さ325m, 長さ125mの前進払で1日平均1.0m進行する。



第3図 田川一坑本坑左7片払における測定

本切羽の約100m 下方の田川三尺層は採掘済であり、上部、両側部は共に未採掘である。直天は頁岩、砂岩の互層、大天は厚さ3.5mの頁岩層である。

測点は天井表面より2.5, 8mの3点にとつた。測定開始時計器は払面から18m、終了時には2mであつた。測定結果は第4図のようで、切羽面から約15mの距離から短縮量がほぼ直線的に増し、切羽から10mの位置で約2mmの動きを示しているが、この間に2ヶ所階段的に増加し



第4図 ボーリング孔の孔径変化の測定に用いた計器

た部分がある。これはこの時期に荷重の急増があつたことを示している様に考えられる。どの測点についてもほぼ同一の動きを示しているがこれは掘込みの天磐に近い下部の点ほど沈下し易い状態にあるためではないかと思われる。なお磐膨れその他の影響が入つて居ることも考えられる。測定はこの他沖宇部、沖ノ山、大峰、潜龍の各鉱業所でも5日ないし20日間にわたつて行つたが、色々な事故のために何れも十分な測定が出来なかつた。

b. 炭層中のボーリング孔の変形

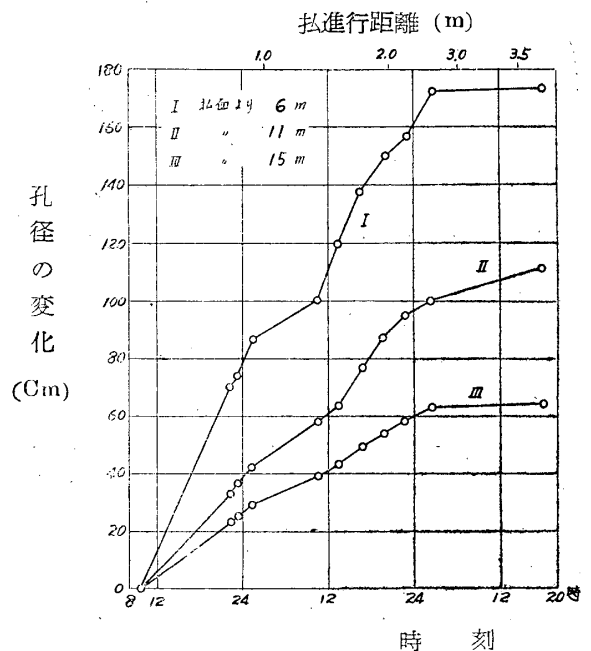
第1図Bに示すように片盤坑道から払面に平行に3.5mのボーリングを行い、これ等の孔の直径の変化を第3図に示す測定器で計器した。切羽のために炭層にかゝる荷重が増加すれば孔の縦の直径は減少するものと考えられるから、これを測定すれば逆に地圧の変化する模様を知ることが出来る。側面を拘束された弾性体中に直径dなる水平円孔がある場合、上下方向の等分布荷重pを加えると縦の直径の変化量は $\lambda = m \cdot d \cdot p / (m - 1) E$ で示される。ただしEは

縦弾性係数、mはポアソン数である。炭層は一般に節理に富み、部分によつて性質が著しく異なるものであつて単純に弾性体と見做すことは出来ないから、孔径の変化から荷重の変化を見出すことは困難である。また孔壁には応力集中が起るために、孔の無い場合に比して弱くなることは勿論である。

第4図において歪計は上部1点下部2点で孔壁に接し、孔径が変化するとL字形の部分が軸のまわりに回転しこれの一端に接続したピアノ線が移動する。このピアノ線は右端のばねによつて緊張されていてこれの動きは孔の入口の部分に伝えられ、二枚の平板に狭まれたローラを回転し指針に読みが現れる。ローラ径0.5mm、指針長100mmであるから孔径変化は200倍に拡大される。歪計を接続した丸鋼は径9mmで1.5m毎に接手を有する。

I. 大峰炭鉱における測定

測定切羽は大峰炭鉱2卸右10片三尺層払で山丈1.8m、傾斜15°、地表からの深さ736m、長さ100mの後退払で1日平均2.0m進行する。大天



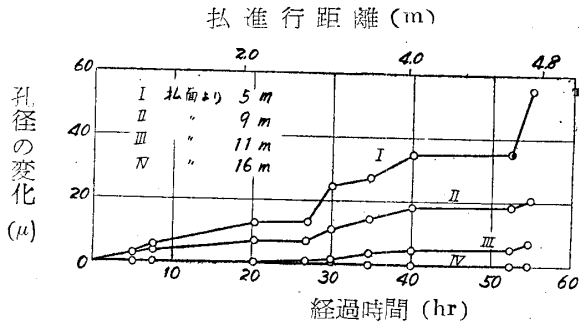
第5図 大峰炭鉱二卸右十片三尺層払

は厚さ49mの頁岩層である。本切羽の肩側炭層は採掘済み、深側と上部、下部とは未採掘である。測定は深側ゲート坑道で行つたが測点の斜下方3mの田川四尺沿層の曲片が測定に影響し

たと思われる。測定結果は第5図のようであつて、変形が切羽の進行、時間の経過に伴つて増加している。払から2.5mでIは0.36%の変形を示したが未だ孔壁が破壊するに至っていない。払が約3m進行した際に、II, III, IVが何れも若干不連続な増加を示しているが、これは地圧の急増を意味するものと思われる。

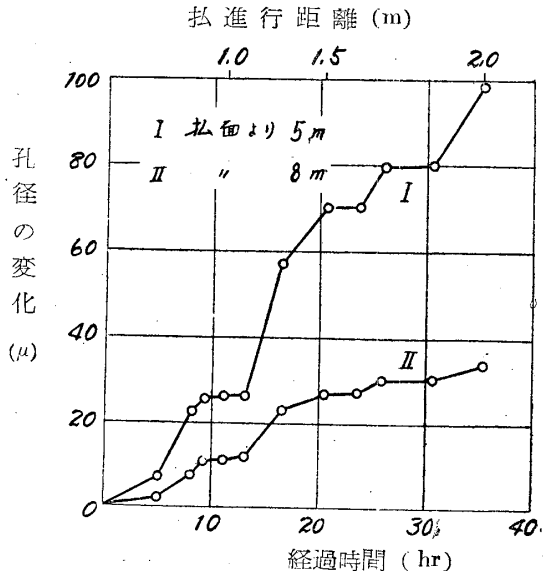
II. 潜龍炭鉱における測定

測定切羽は潜龍炭業所第2水平坑道15号払で松浦三尺層を稼行し、山丈0.9m、傾斜3°、地表からの深さ250m、長さ90mの前進払である。本切羽は開設後250m進行しており、上下は未採掘、肩側は採掘ずみ、深側は約30m先行する14号払が進行中である。測定結果は第6図のよう



第6図 潜龍炭業所第2水平坑道15号払における測定

でI, II, IIIの順に変形が減じIVは切羽から約11mの距離に至つても全く変化が無かつた。IIIは約8mの距離から変化しはじめているから、この場合には切羽の影響が測定器に現れる距離は何8mである。この場合には深度、変形量がれもI. の場合の約3分の1となつている。



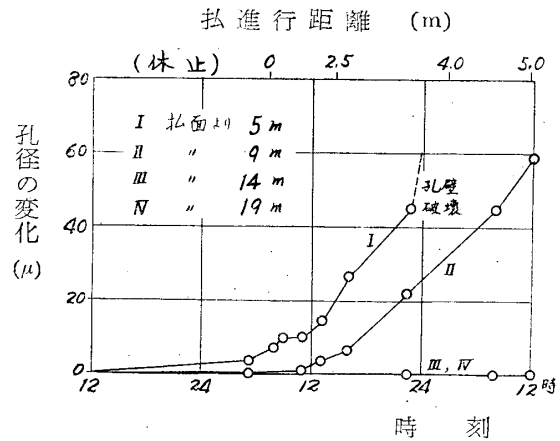
第7図 田川一坑竹谷層右7片払における測定

III. 田川一坑における測定

切羽はI. で述べた田川一坑竹谷層右7片払で測定結果は第7図のようである。I・II共可なり大きい変形を示しており、増加はほぼ切羽進行に比例している。

IV. 大浜炭鉱における測定

測定は大浜炭業所左2坑道10昇払において行つた。本払は七甲層を稼行し山丈160m、傾斜2°、深度188m、長さ52mの後退払で1日平均2.5m進行し、本払開設後80m進行している。切羽の上下、両側は何れも未採掘である。大天磐は厚さ20mの頁岩層である。



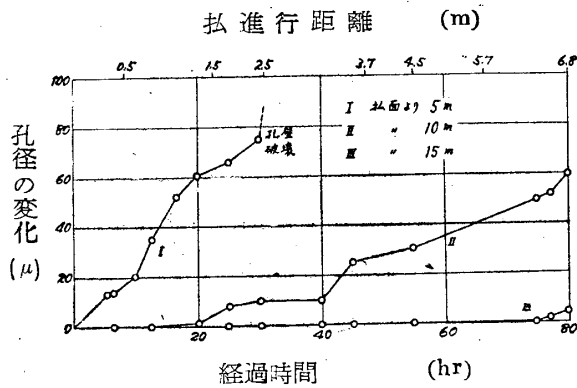
第8図 大浜炭業所左2坑道10昇払における測定

測定結果は第8図のようで計器の設置を休日に行つたため最初はIが若干変化を示した以外全く変化がない。Iは採炭開始後急に変形が増大しはじめ払から約2mの位置で孔壁の破壊が生じた。IIは払が約1m前進した頃から変形を始め4mの位置で未だ孔壁に破壊を生じていない。III, IVは測定期間中全く動きを示さなかつた。この結果から見ると測定器に影響が現れ出すのは払から9m程度であり、また孔壁が破壊するのは約2mである。

V. 沖ノ山鉱における測定

測定切羽は沖ノ山鉱開発盛替大通左0片払で五段層を稼行し、山丈1.05m、傾斜3~4°、深度202m、長さ47mの後退払であつて1日平均1.2m進行する。切羽の上下、両側炭層は何れも未採掘である。

測定結果は第9図のようで払の影響が測定値に現れるのは払面から8m程度であり、また孔



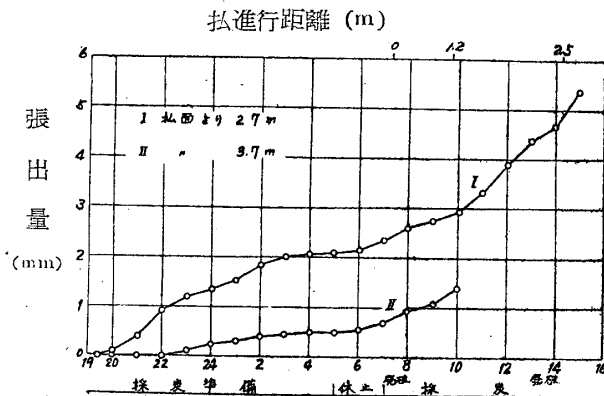
第9図 沖之山鉱業所開発左0片払における測定

壁の破壊は払面から約2.5mで生じている。

c. 採炭面における炭層の張出し

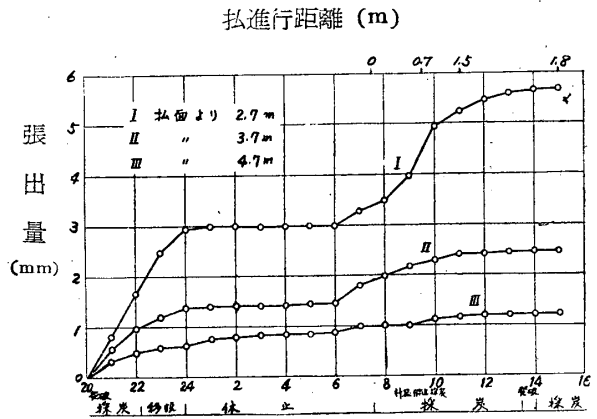
採炭面の中央附近の炭層を1.5m程度の幅で3~5m掘り込み、その先端から切羽進行方に長さ4~8mのボーリング孔を水平に穿ち、孔壁上の諸点の水平変位を測定した。この測定のための装置は第2図に示したものとほぼ同様で、これを水平に用いたものである切羽附近の上下盤はすべて変形するので上記の変位はボーリング孔の孔尻を基準点とし、この点からの距離の変化が測定される。

1例として第10図、第11図に大浜および潜龍



第10図 大浜鉱業所左二坑道十昇払における測定

鉱業所における測定結果を示す。これ等によれば大浜では3.7、潜龍では4.7m炭壁の奥で既に石炭の張出しが始まっていることが分る。両側とも炭層は節理と富みよく軟化した払であつた。張出の大小は採炭の難易を示すものでありこれは天盤の種類、支柱、払跡の処理方法によつても左右される。切羽の炭層にかかる荷重は



第11図 潜龍鉱業所第2水平坑道15号払における測定

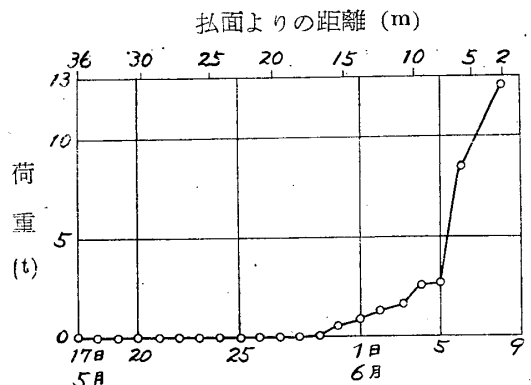
払面に近いほど大であるが石炭が破壊されて切羽の空間に向つて移動すればもはや荷重は増加せず、急に減少して採炭面で0になるから、張出しの始発点を以てこの荷重の最高点と考えた。

d. 払前方の炭層の波状変形

払前方の炭層は増加した荷重を受けて破壊、変形を生ずるが、炭層に生じた亀裂が概ね一定間隔を有することや、炭層の夾み硬、上下盤等の厚さの増減に規則性を有する場合がしばしばある。そこでこの破壊、変形の模様を片盤坑道の側壁において尺度、クリノメータを用いて調べ地圧の波を解明することに努めた。測定は多くの坑内現場で行つたが、その詳細は他日発表することにした。

e. 目貫の支柱にかかる荷重変化

切羽の前方で地圧が増せば、片盤、目貫などにはこの坑道のために更に増加した地圧となつて現れ、周囲の岩石は坑道空間に向つて流動し、



第12図 目貫の支柱にかかる荷重の変化

あるいは破壊して移動するため支柱にかゝる荷重は増加するに至る。これは磐圧計によつて測定される。

測定は沖ノ山鉦左8号右斜大通右7片大派層 払の前方の目貫で行つた。この目貫の中央附近で切羽寄りの側壁に接近してGHH型鋼支柱を立て、これにかゝる荷重を神鋼製50t 磐圧計によつて測定した。測定開始時における計器の位置は払から36mの距離にあり、この時目貫の天磐に亀裂は全く認められず、払が約15m接近するまではこの状態が続いたが、この頃から天井の成木が徐々に圧縮されはじめ、天磐表面にも亀裂が現れ時々岩石の小片が落下した。払が5mに近づくに及んではりの折損が方々で起りはじめ側壁の崩潰箇所も生じた。この時磐圧計は7.5tを示した。払がさらに前進して最高荷重12.5tを示すに至つた。この測定結果を第12図に示す。

3. 考 察

切羽前方の地圧は切羽の周囲の地圧の一部として取扱われるべきであるが、この問題を力学的に解釈する場合、地山を如何なる性質の物体として扱うかゞ問題である。地山の性質としては板の累積、弾性体、粉体あるいは粘弾性体など種々の要素が考えられる。実際の岩磐は不均質なものであり、上記のどの立場をとつても完全に適合することはなく、これ等の諸性質を兼ね備えたものであるから理論的取扱いが容易でないが、何れにしても長壁採炭のように炭層の広い面積を採掘すれば切羽前方において荷重の増加を生じ、その分布は切羽面のやゝ前方を最高点とする波状曲線をなすであろうことは容易に想像出来る。地山を粘弾性体として取扱うことは地圧現象を時間の函数として論ずる上に好都合であると考えられるので現在これについて検討を行つている。

払前方の地圧分布に係る要素として次の事項が考えられる。

1. 岩層および地山を構成する岩石、特に直天、大天岩石の力学的性質すなわち強度、弾性塑性、粘性等

2. 地殻変動による節理、断層等の弱面の多少、方向性等

3. 上下炭層の採掘の影響、特に下部採掘による破壊または変形

4. 両側の採掘跡か否かの別

5. 地表からの深さ

6. 切羽の採掘厚さ、炭層傾斜、切羽長、払跡の処置方法、前進式後退式の別等

天磐岩石の性質が切羽前方の地圧に影響することは確かであるが嘗て行われた測定では上下磐に厚い硬質砂岩層を有する払で150m前方からすでに沈下が見られたと報ぜられているが、筆者等の測定においても岩石の軟弱な宇部、小野田地区の払よりも強靱な地層から成る九州の払の方が遠方まで影響が及んでいることが観察された。ただし地表からの深度も異り、その他色々の要素が関係するので岩石の性質だけで比較することは出来ない。

2. b. に述べた測定結果を総合して、ボーリング孔の変化が計器に現れはじめる位置および孔壁の破壊した位置と地表からの深さとの関係を示すと表のようである。これによれば変形開始点の払からの距離はほぼ深度に比例するという結果になつている。これは変形が測定器に現れる範囲であるが実際の影響はさらに遠方におよび、その大きさは採掘の影響を受ける以前に存在していた地圧の大きさに対して漸進的に減じているものと想像される。

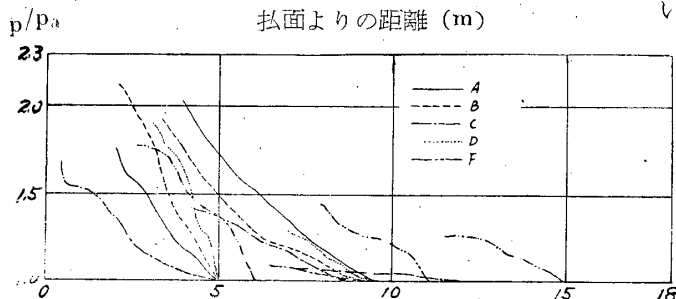
表 孔の変形開始点と深度との関係

場 所	深 度 (m)	変形開始 点の払面 よりの距 離 (m)	孔壁破壊 点の払面 よりの距 離 (m)
A 大浜10号払	188	8	1
B 沖之山開発左0片払	202	8.5~9	2~2.5
C 潜龍第2水平15号払	250	8.5~9	1
D 田川一坑右7片払	350	14~15	
E 高松二坑一卸左6片 払	367	14	
F 大峰二卸右10片払	736	24~25	

またこれ等の測定値は歪計附近の石炭の性質や炭理の状態等にも左右されるものであり、最大荷重点を過ぎてもなお孔壁が破壊すること無く

変形が漸増することも考えられるから孔壁の破壊位置を以て最大荷重点と見ることは出来ない。また測定位置が払全体から見て端部になることも考えなくてはならないであろう。

第13図は炭層を縦弾性係数 $5 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$, ポアソン数5の弾性体として求めた荷重増加率 p/p_0 と、払面からの距離との関係を示すものである。ただし深度を h , 岩石比重を γ とすると $p_0 = \gamma h$, $p = p_0 + \lambda(m-1) E/md$ として求めた。図のA, B, C, D, Fは表のそれに対応するものである。勿論測定結果には時間が影響していることも考慮する必要がある。



第13図 払よりの距離と荷重増加率との関係

4. 結 言

筆者等は払の地圧に関する研究の一部として払前方の地圧を坑内測定によつて解明することに努めた。このため切羽の前方において岩盤の変形、ボーリング孔の縮小、採炭面附近の炭層の張出し、炭層の破壊を変形および坑道支柱に

かゝる荷重の測定を行つた。

測定は精度が十分でないので明確な結論を導くことは出来ないが、条件の異なる数ヶ所の払で行つた測定や肉眼観察の結果を総合して下記の見解に到達した。

1. 岩層の条件が同一ならば荷重が増加しはじめる位置、最大荷重の位置は深度に比例する傾向があり、また同一深度ならば上下盤の岩石の剛性が大なるほど影響が遠方に及ぶように思われる。

2. 坑道枠にかゝる荷重は天盤岩石の性質や亀裂の多少、坑道採掘後の経過日数によつて大いに異り、天盤の良好な箇所では切羽直前でも片盤支柱にほとんど荷重がかゝらないが反対に天盤が粘土質の場合や亀裂に富む場合には切羽から40m前方でも施枠の破損することがある。

3. 払前方において炭層にかゝる荷重が時々急増する傾向を示すことがある。

これは物質の降伏におけるいわゆる雪崩現象に似ており、これの原因について力学的に究明したい考である。

本実験は学生村田謙造、奥村進の両君に熱心に担当して頂いた。また現場測定に際しては各鉱業所の技術者諸氏に多大の御援助を受けた。ここに附記して厚く感謝したい。

渦巻ポンプに依る砂水輸送中の砂運搬能率と濃度との關係に就いて

松 井 時 治

1. 緒 言

種々なるポンプの特性を試験するに当り一般に製造家に於ける試験は清水を用いる場合が多く使用の場合に於ける実状とは幾分差を生ずる、況やサンドポンプに依る砂水輸送の場合の如き砂粒を含む泥状流体を該ポンプの使用現場に於けると同一条件にて試験を行う事は至難である。微粒鉍石の水力輸送に対する三雲英之助

氏による研究論文にて明かにされているが特に砂水輸送の場合を考察したものである。本実験も亦清水用の渦巻ポンプにてなされたものであり断定し難いが少くとも実験結果から渦巻ポンプに依る砂運搬能率と砂水の濃度との關係を推論することは出来る。

筆者は実験設備を持たない為御好意による小川助教授の実験装置によつて得た data を基礎