

(55) ロードヘッド掘進による坑道の変形挙動

九州大学工学部 正会員 ○ 松 井 紀久男

〃 一ノ瀬 政 友

九州大学大学院

高 橋 昭 仁

〃 古 賀 英 司

1. 緒 言

炭鉱における坑道の変形挙動は第1図に概略的に示すことができる。すなわち、まず掘削に伴い変形量は増大し、時間の経過あるいは掘進切羽の進行に伴って、ある一定の値に収束する。その後、周辺区域における採炭の影響によって再び変形量が増加して、ある一定の値に収束する。周辺岩盤が軟弱な場合には、経時的な変形が付加的に生じ、坑道はさらに大きく変形する。

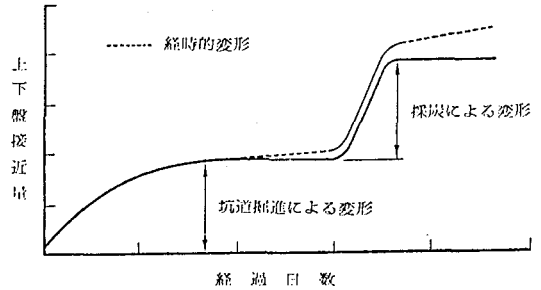
一般に、採炭の影響による変形量は大きく、坑道支保枠を著しく変形させ、時として破損にまで至らせる。また、掘進に伴う変形も大きくなる場合がある。このような坑道の変形をある許容範囲内に抑制しておくことは、生産や運搬のみならず通気や保安の面からも極めて重要な課題である。しかし、現場においては消極的ではあるが、盤打ちや仕繰り作業でこれらの変形に対処しているのが現状である。

近年、我が国の炭鉱においてロードヘッドやコンティニュースマイナなどの部分切削式掘進機が導入され、坑道の掘進速度は著しく増大した。機械掘進による坑道は、穿孔・発破掘進によるそれに比べて、周辺岩盤の損傷が比較的少なく、その結果坑道の変形は少なくなり、安定性を増すと言われている。しかし、この妥当性を裏付けるような実測結果はArcypowskiら¹⁾による以外はほとんど示されていない。

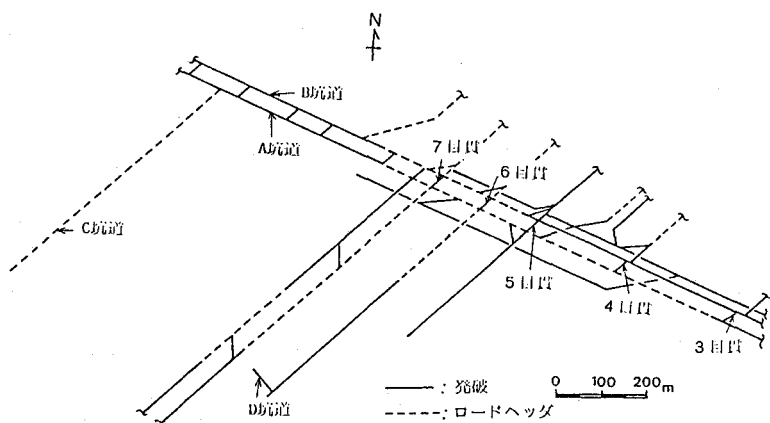
本報では、穿孔・発破およびロードヘッドにより掘進された坑道の変形量の測定を実施し、それらの変形特性を明らかにするとともに、これに影響を及ぼす2～3の要因について考察を加えた。

2. 測定坑道および測定方法

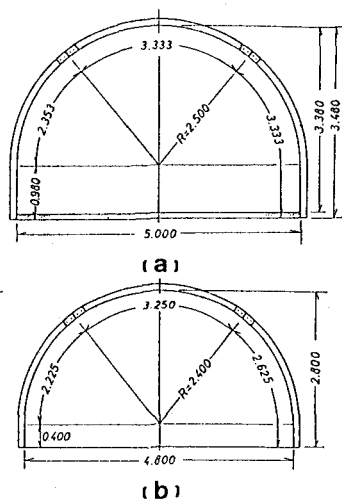
測定を行った坑道は、I炭鉱の南区域に掘進された沿層坑道（炭層を含む岩盤中に掘進された坑道）で、第2図に示すA、B、CおよびD坑道である。AおよびB坑道は通気の入、排気や運搬に用いられる主要坑道で、穿孔・発破あるいはロードヘッド(MRH-S100-40型、(株)三井三池製作所製)により掘進が行われ、第3図(a)に示すようにI形鋼の3部材によるアーチ枠支保が行われている。穿孔・発破による掘進箇所では枠間は0.65mで、ベタ成と称して支保枠裏全面に成木を入れ、枠の地山への当付けの完全化を図っている。ロードヘッドによる掘進箇所では枠間は1.0mであり、部分的に成木を枠裏に施しているだけである。一方、CおよびD坑道は採炭坑道で、その大きさ、形状は第3図(b)に示すとうりである。C坑道はロードヘッドで掘進され、D坑道は大部分が穿孔・発破で掘進された坑道である。両坑道とも枠間は1.35mで、部分的に成木を枠裏に施している。測定を行なった坑道の深度は海面下500m程度で、0°～6°の傾斜をなしている。地質条件についてみると小断層が若干認められる程度であり、比較的安定している。また、AおよびB坑道では湧水があり、坑道下盤は完全に水で飽和した状態であった。



第1図 坑道の一般的変形特性



第2図 測定区域



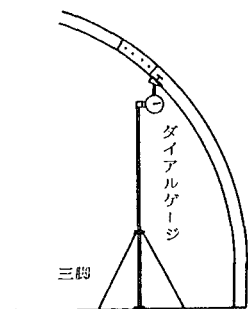
第3図 坑道支保枠

AおよびB坑道の変形量の測定は、掘進後、400～500日経過した箇所で行った。この測定は、アーチ枠の冠材中央部下縁から坑道下盤床面までの高さをテレスコメータを用いて行い、枠の建付け高さ 3.38mと測定高さの差から上下盤接近量を求めた。測定は3目貫の位置を測点1とし、7目貫までの間を約5m 毎に行った。この測定方法は精度においては劣るものの、簡単で、かつ坑道全長にわたる変形特性を容易に把握することができる特徴を有している。一方、CおよびD坑道では、第4図に示すように、ダイヤルゲージ(精度1/1000mm)を用いて、15～60分の間の上下盤接近速度を測定した。

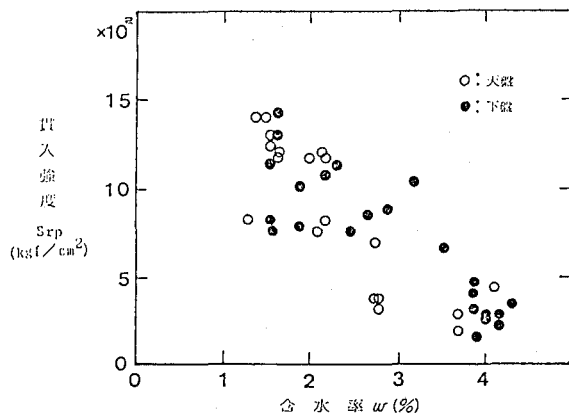
3. 周辺岩盤の力学的特性

測定した坑道の側壁部は炭層であり上下盤は頁岩である。炭層の厚さは2m程度で、その石炭の力学的特性についてみると、28日間水中養生(25℃)を行った供試体では、一軸圧縮強度 Sc は平均147kgf/cm²、圧裂引張強度 St は平均 13kgf/cm²、50%強度における接線ヤング率 E_{50} は平均 1.5×10^4 kgf/cm²である。 つぎに、坑道の上下盤である頁岩についてで

あるが、本区域の頁岩は亀裂が多く、かつ含水に伴いスレーキング現象を呈する。このため、強度試験に必要な整形供試体の作成は非常に困難であったので、非整形供試体を用いた丸棒貫入試験を行った²⁾。第5図に、この試験により得られた含水率 w と貫入強度 S_{rp} の関係を示す。また、第1表にスレーキング試験の結果を示す。これらの結果ならびに前述したように現場の含水状態を考慮すると、測定を行ったAおよびB坑道の上下盤、とくに下盤の頁岩は極めて軟弱な状態であったと考えられる。水の影響により坑道の変形が著しくなることは既に筆者らの別の測定において明らかにされている⁵⁾。



第4図 接近速度の測定



第5図 含水率と貫入強度の関係

4. 測定結果および考察

第6図に、AおよびB坑道における上下盤接近量の測定結果を示す。さらに、第7図に上下盤接近量の分布を示す。これらの図から、予想に反してロードヘッダによる掘進坑道の変形が穿孔・発破による掘進坑道よりも大きくなっていることがわかる。この理由としては以下のことが考えられる。

1) 支保枠の建付け間隔が穿孔・発破掘進箇所において小さく、かつベタ成の採用により支保剛性(支保抵抗)が大きい。

2) 周辺岩盤の強度が小さいために、発破による周辺岩盤の損傷に伴う影響が少ない。

支保抵抗の大小により、坑道の変形が大きく影響を受けることは、Bräunerの水圧鉄柱を用いた現場試験⁶⁾あるいはEverlingらによる模型実験⁷⁾により明らかであり、枠間を小さくし、かつベタ成の採用によって支保抵抗(剛性)が著しく増大したことにより、穿孔・発破箇所での坑道の変形が小さくなったものと推察される。

つぎにこれらの点をさらに明らかにするために、CおよびD坑道において行った上下盤接近

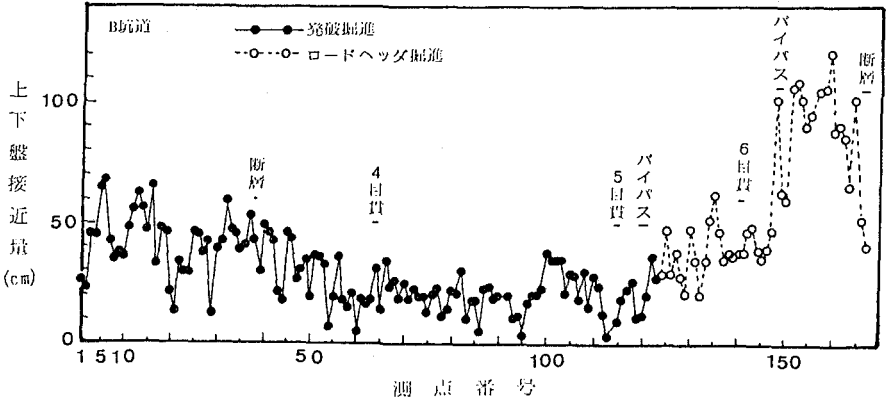
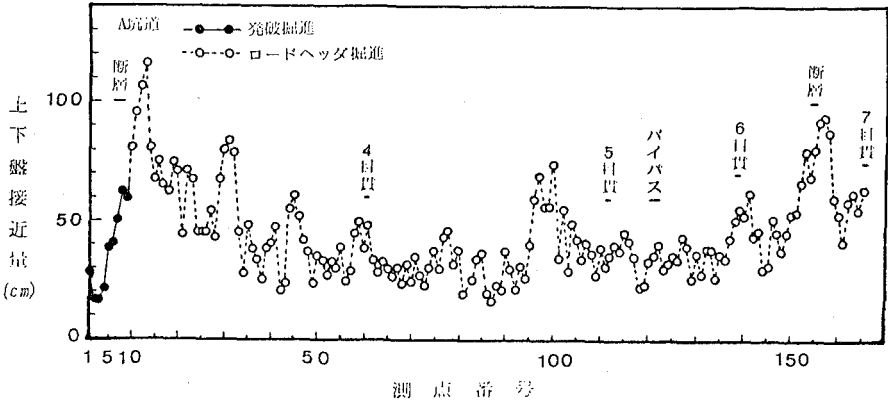
第1表 スレーキング試験結果

	S. I. 値*1)						Id ₂ *2) (%)
	経 過 時 間 (h)						
	1	2	4	16	24	48	
頁岩 1 (上盤)	0	0	0	0	0-1	1	93.8
" 2 (")	0	0	0	0-1	1	1-2	93.0
" 3 (")	1	2	2	3	3	3	不*3)
" 4 (下盤)	0	0	1	-	2	2	-
" 5 (")	0-1	0-1	1	-	2	3	-
" 6 (")	0	1	1	-	2	3	-
" 7 (")	0	0	2	3	3	3	48.2
" 8 (")	0	1	1	1	2	2	62.0

*1) スレーキング指数(1~4)。簡易スレーキング試験の観察基準³⁾

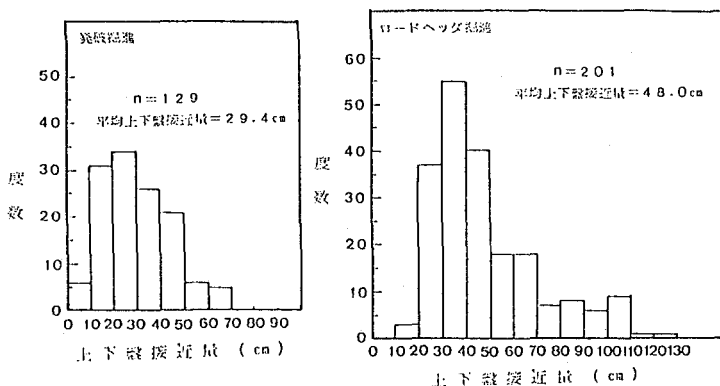
*2) 耐スレーキング性指数。ISRM指針による試験⁴⁾

*3) 試験用供試体作製不可能

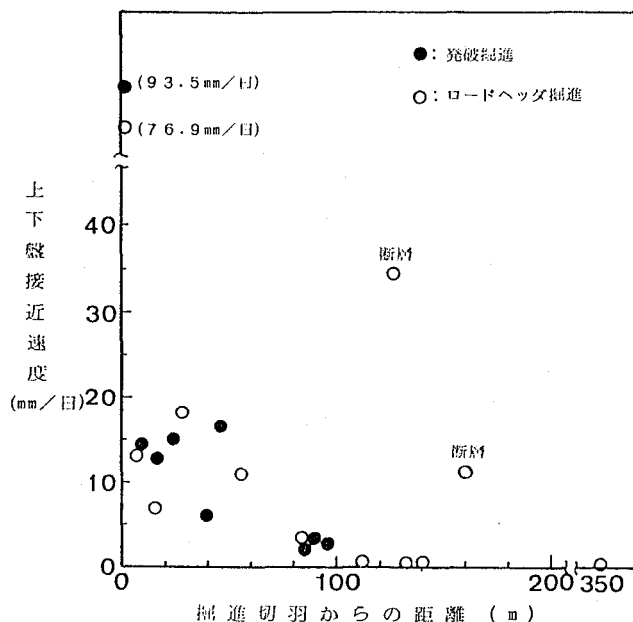


第6図 上下盤接近量

近速度についてみる。前に述べたように、この2つの坑道は支保方式は同一であり、掘進が穿孔・発破かロードヘッダによるかの違いだけである。第8図に両坑道の上下盤接近速度を示す。この図から、両掘進方法において上下盤接近速度に著しい差異があるとは明確には認められない。このことは、これらの坑道において今後生ずる変形量は同程度となりうることを意味しており、また、このように軟弱な岩盤においては発破による周辺岩盤の損傷はほとんど問題とならないと言える。もし、周辺岩盤が比較的堅固で、かつ同一の支保方法であるならば、穿孔・発破による掘進坑道はロードヘッダによる掘進坑道と比べてより大きな変形を生ずるものと考えられる。さらに、この図より断層箇所においては掘進後、かなりの日数を経ているにもかかわらず、変形速度は依然大きく、坑道の変形が断層箇所で大きくなることが理解できる。したがって、断層箇所では枠間をさらに小さくし、かつ枠裏にベタ成を実施する必要があるだろう。



第7図 上下盤接近量の分布図



第8図 上下盤接近速度

5. 結 言

ロードヘッダによる掘進坑道の変形挙動を明らかにするために、現場測定を実施し、穿孔・発破による場合と比較検討した。その結果、ロードヘッダのような機械掘進であっても、軟弱な岩盤中においてはその支保の施工に当たって、十分留意する必要があることが明確となった。地山の状態に応じた支保工法を導入し、坑道維持経費を削減することは、今後の炭鉱にとって重要な課題の一つと考えられる。

* 参 考 文 献

- 1) Arcypowski, M. & Lautsch, H.: グルックアウフ日本語版、16巻9号、pp. 486-492、(1967)。
- 2) 一ノ瀬・内野・松井: 九大工学集報、57巻6号、pp. 883-889、(1984)。
- 3) 一ノ瀬・松井: 第7回岩の力学国内シンポジウム講演論文集、pp. 85-90、(1987)。
- 4) 岩の力学連合会: ISRM指針、Vol. 2、pp. 21-25、(1982)。
- 5) 松井・井原・市川・一ノ瀬: 日本鉱業会誌、101巻1169号、pp. 409-414、(1985)。
- 6) Bräuner, G.: グルックアウフ日本語版、14巻13号、pp. 871-875、(1965)。
- 7) Everling, G.: Int. J. Rock Mech. Mining Sci., Vol. 1, pp. 319-326、(1964)。

(55) Deformational Behavior of Roadway Driven with a Road Header

by Kikuo MATSUI¹⁾, Masatomo ICHINOSE¹⁾,

Akihito TAKAHASHI²⁾ & Ei-ji KOGA²⁾

ABSTRACT

Recently, road heading machines such as road header and continuous miner have been introduced into coal mines in Japan.

The rate of roadway drivage increases remarkably with heading machine. It is said that roadway formed by machine cutting deforms less and obtain the more stability than one formed by drilling and blasting. However, few obvious fact to prove the appropriateness has been obtained.

Field measurements of vertical closure were carried out both in the roadway driven with a road header and with drill and blast.

These results show that the roadway driven with the road header deforms greater than one with drill and blast. This is because of the lack of support resistance and weak rock strata surrounding the roadway.

1) Faculty of Engineering, Kyushu University

2) Graduate School, Kyushu University