穿孔内の発破に関する研究*

正 会 員 大 窪 敬 男**

Study on Blasting in Boreholes

Takao OKUBO

Only little study has been made in the past on blasting in boreholes and naturally, there are still many aspects of the phenomena caused at the time of blasting which need clarification. Using a detonating speed meter and an oscillograph adjusted to firing time and firing condition in boreholes, the writer has measured the detonating speed of cartridges of varying diameters as well as the degree of deformation of a copper rod attached to each of these explosives and thereby obtained data which will assist in assuming the conditions of detonation in boreholes. As a secondary experiment, the extent of propagation in detonation has also been measured.

1. 緒 言

穿孔内発破についての研究は従来から少なく爆轟時の諸現象は解明されていないものが多い。筆者はメテガング法を応用した爆速計およびブラウン管オシログラフを用いて、穿孔内における発破時と条件を合せ、各種薬径の棒状装薬の穿孔内の爆速および穿孔内の薬包に添付した銅棒の変形量を測定して穿孔内の爆轟状態推定の1資料をえたので報告する。なお付属試験として穿孔内の殉爆度を実測したので付記する。

2. 爆 速 測 定

いずれの測定装置においても穿孔内の薬包に直角に0.35mmφのエナメル被覆銅線を通して測点とし、爆轟によってエナメル線を切断させその切断時間を測定して爆速を算出するものである。なお雷管はすべて装薬の孔底端に挿入した。

2.1 測 定 装 置

2.1.1 爆速計について：爆速測定の1方法としてメテガング法があるがこの装置の内煤の代りにフィルム、レンズを用いて当所で爆速測定装置(爆速計)を製作した。概略は第1図に示す。フィルムに映った火花スポットの間隔、薬包上の測点間隔、ドラムの回転数等から爆速を換算する。精度は約5%である。

2.1.2 ブラウン管オシログラフについて：装置の概略は第2図に示す。精度は約4%である。ブラウン管は東芝製 120mm ST-100/B 型である。

2.1.3 シンクロスコープについて：装置の概略は第3図に示す。シンクロスコープは岩崎通信機製 SS 1254 型である。精度は約3%である。

第 1 図

第 2 図

第 3 図

* 昭和33年7月24日受理

** 日本鉱業株式会社河山鉱業所採鉱課

← 第 4 図

第 6 図

2・2 測定方法

2・2・1 爆速計の場合：穿孔内の測定回路図は第4図に示す。エナメル線は切断後不定期接触を行いその都度火花スポットがフィルムに映る可能性があるので1測点につき2本とした。

2・2・2 ブラウン管オシログラフの場合：この場合は第5図に示す。これも同様な理由によつてエナメル線を

第 5 図

第 7 図

1 測点について2本にしてある。

2・2・3 シンクロスコープの場合：この場合は第6図に示す。エナメル線の片線を共通線として孔中を通るエナメル線の本数を少なくし、なるべく多くの測点間の爆速を実測出来るようにした。また爆轟後の不定期接触を防ぐために第7図に示すように測線の方を放射状にして、各測線相互が葉包側面で重ならないようにした。

第 1 表

薬 種	測 点 位 置 (cm)																			
	0 5	0 10	5 10	10 15	10 20	15 20	20 25	20 30	25 30	30 40	40 50	50 60	9 116.5	60 70	70 80	28.5 128.5	80 90	90 100	100 110	100 200
LD桂20mm					2580 960	1620	2970			2040	2040		1980	2100			2030		2720	2910
LD桂25mm		2880			3130		3150			3190	3670						2820		2900	3050
LD桂28mm	3090 2770 2450 3180	(5~15) 3080	3090	3320	3190 3470	2760 3020	3600 3570	3320 3330		3200 3230	3650 3000	3450 3140				3410	3450	3300		3280
LD桂32mm				3230			3790 3020			3320 3260	3380 3510	3150 3570 3680							3460 3440	
LD桂40mm																			3840 3730	
LD桂50mm					3800													4030	3490	3210
桐 20mm										1840	2040	2030			2030		1960		2500	
桐 25mm					3340					3110	3600		4640						4710	5200
桐 28mm					1990 2990		3820												5910	5180
桐 32mm	2640 3950 3450 2690	4590 3280 4720	3020	5170	3540 4420	4760 4010	5720	4880	(25~40) 4890	5720		5800							6460	5210
桐 40mm																			6470 6000	
桐 50mm					6270														6260

第 8 図

2.3 使用 爆 薬

使用した薬種は桐ダイナマイト (NG 36%, 比重 1.4) および L. D. 桂ダイナマイト (NG 8%, 比重 0.7) の 2 種類、薬径はそれぞれ 20, 25, 28, 32, 40, 50mm の 5 種類である。また雷管は DSD 1 段を用い、ビットは 36, 50, 65mmφ のものを用いた。

2.4 測 定 結 果

測定結果は第 1 表に示す。

2.5 測定結果に対する考察

第 1 表から薬長—爆速の関係における定常爆速域到達距離は LD 桂の場合には雷管から 20~30cm、桐の場合には 40~50cm の所になる。つぎに各種の薬径についての定常爆速値を第 1 表から求めて見ると第 8 図の通りである。これから薬径—爆速の関係における定常爆速到達は桐、LD 桂ともに薬径 32~40mm の間で、定常爆速値は桐では 6300m/sec、LD 桂では 3800m/sec のように推定される。また桐は LD 桂に比べて薬径の減少に伴う爆速値の減少速度が大きい。桐 32mmφ と 28mmφ は定常爆速値より一段低い爆速値を示すが桐 25mmφ、20mmφ の爆速値と比べると爆速値に大差のない 1 つのグループと考えてもよいと思われる。LD 桂 32mmφ と 28mmφ の

第 9 図

爆速値はほとんど同じと考えてよく、定常爆速値との差約 400m/sec である。25mmφ はその差が約 600m/sec であるが 20mmφ の爆速値と比べると、32, 28, 25mmφ の 3 者は爆速値が大体等しい 1 つのグループのように推定される。桐と LD 桂とでは桐の方が爆速値が大きいのは当然であるが、20mmφ になると反対に LD 桂の方がやや大きい爆速値を示している。

3. 銅棒添付による爆轟状態の推定

3.1 測定装置および方法

穿孔内の棒状装薬に銅棒を添付して薬包の爆轟による銅棒の変形状態を観察して穿孔内の爆轟状態を推定するもので、装置の概略は第 9 図に示す。薬長 3m の爆薬に直径 9.5mm、長さ 4m の焼鈍銅棒を密着させてボアホールに装填し雷管を前管または尻管として起爆させ、爆轟後変形を受けた銅棒の直径を測定した。爆薬は桐ダイナマイト 20mmφ、および LD 桂ダイナマイト 20, 25, 28, 32mmφ である。雷管は導火線付 6 号雷管、ビットは 36, 42mmφ を用いた。

3.2 測 定 結 果

測定結果は第 10 図および第 2 表に示す。雷管の付近では爆力がまだ強くないので銅棒の径は爆轟以前とあまり変化がないが、爆轟が薬包に沿って進むにつれて直径の減少量が多くなり定常爆速域に到達するまでこの状態が続き、到達後扁平な大体同一の直径となる。なお薬包の境では爆力が落ちるために銅棒表面に節が出来る。爆力が強いほど節は明瞭となる。薬包の位置は前後の節の位置で示される。

第 2 表

薬 種	雷管から定常爆速域到達迄の距離	定常爆速域到達後の銅棒の平均直径
LD 桂 20 前管 I	40cm	9.3mm~9.4mm
〃 II	20	9.2
LD 桂 25 前管 I	40	9.0
〃 II	10	9.0
LD 桂 28 前管 I	30	8.4
〃 II	40	9.0
〃 III	10	8.5
LD 桂 28 尻管 I	10	9.0
〃 II	15	8.8
〃 III	不明	9.0
LD 桂 32 前管 I	10	8.8
〃 II	10	8.5
桐 20 前管 I	40	9.4
〃 II	不明	9.4

第 10 図

第 11 図

第 3 表

薬 種	薬径 mm	重 量 g/本	介在 物名
桐 ダイナマイト	32	112.5	空気
新桐 ダイナマイト	30	102.0	粘土
LD 桂 ダイナマイト	28	100.0	砂
新硝安ダイナマイト	30	106.0	炭粉
G 硝 安 爆 薬	30	101.0	乾燥した炭粉 (約 65mesh)
			乾燥した炭粉 (約 10mesh)

第 4 表

薬 種	介在物	距離 (cm)	3	5	7	8	10	15	20	30	40	50	60	70	80	100	110	140	150	170	180	230	250	270	300
桐ダイナマイト (ϕ 32mm)	空気	84																							
	粘土	31																							
	砂	15																							
新桐ダイナマイト (ϕ 30mm)	空気	30																							
	粘土	16																							
	砂	10																							
LD 桂ダイナマイト (ϕ 28mm)	空気	86																							
	粘土	24																							
	砂	7																							
新硝安ダイナマイト (ϕ 30mm)	空気	56																							
	粘土	16																							
	炭粉	10																							
G 硝 安 爆 薬 (ϕ 30mm)	空気	16																							
	粘土	2																							
	炭粉	10																							

3.3 測定結果に対する考察

爆力は爆速が定常爆速に到達するまでは増大する過程にあり到達後一定の強さになると思われるが、測定結果からその位置はLD 桂においては10~40cmの範囲にあり、薬径が増加するに従い40~10cmに縮まって来て、より急速に爆力が一定の強さに達するようである。また爆力そのものの強さも薬径が大きくなるに従い強くなってくるようである。これはLD 桂の薬径が増加するに従って銅棒の径も9.4~8.5mmに減少して来ている事から

推定出来る。そしてLD 桂 28mm ϕ と32mm ϕ の爆力の強さは銅棒の変形量から見て大体同等の様である。

4. 穿孔内の殉爆

4.1 測定方法

密閉中の殉爆に関しては銅管を使用して実験例があるが、穿孔内の殉爆については実験資料が少ないので、とりあえず数種の爆薬について第1薬包と第2薬包との間の介在物を種々変えて殉爆距離をおのおの場合について求めた。第11図に測定方法を示す。第2薬包の後部には薬包を1本追加して第2薬包の完爆状態を見る1手段とした。使用した爆薬および介在物は第3表の通りである。また使用ビットは36mm、雷管は6号雷管である。

4.2 測定結果

測定結果を第4表に示す。なお表中の分数は分母を試験回数、分子をその時の殉爆回数として表わす。また□は安全殉爆距離でこれ以内では第2薬包は爆発する。第4表からつぎのことが推定出来る。

介在物が空気の場合、桐、新桐 270cm、LD 桂 240cm、硝ダイ 170cm、硝爆 50cmの極めて大きい殉爆距離を示す。介在物が空気以外の場合にはニトログリセリンを含有する爆薬では比較的大きい殉爆距離を示すが、ニトログリセリンの少ない硝爆にあつて介在物の影響が大きいため殉爆距離は粘土で7cm、炭粉で1cmのようにきわめて短い。

5. 結 語

本試験は測定方法に不備な点もありまた測定回数も少ないので確定的な結論を出すまでには至っていない。今後多くの実験が必要である。なお試験に際して御指導をいただいた現栃木鉱業所辛島鉱務課長に対し、また試験方法、試験装置について御教示御援助をいただいた旭化成延岡工場ダイナマイト部福山試験課長に対し深甚なる感謝の意を表する次第である。