

電気雷管の発火温度とジャミング時の孔内温度について

安藤ハザマ フェロー ○鈴木 雅行
カヤク・ジャパン (株) 円城 篤志

1. はじめに

トンネルの爆破掘削において、装薬後、電気雷管の結線中に暴発が発生した。暴発の原因を究明したところ、電気雷管に対する静電気や迷走電流は十分安全な範囲であったことから、装薬孔の孔内温度により電気雷管が温度上昇し発火したことにより暴発したものと想定された。従来から雷管の温度に対する耐熱性について検討されたものがあり、高熱隧道や高熱の可能性のある鉱山の施工時の安全対策として検討されたものはあったが、通常のトンネル掘削でそのようなケースが発生したことは非常に稀な状況であった。そこで、電気雷管の発火温度と今回発生した実切羽における装薬孔の穿孔状況の違いによる孔内温度を確認することで、今後の装填時の暴発を防ぐ対策について検討した結果を報告する。

2. 電気雷管の熱による発火温度

電気雷管に使用されている爆薬の配置状況を図-1 に示す。電気雷管に使用している薬剤は点火薬、延時薬、起爆薬、添装薬であり、それぞれの熱感度は一般的に200℃、340℃、180℃、225℃となっており、起爆薬が最も発火点が低いとされている。また、電気雷管の耐熱試験としては、過去に火薬メーカーの実験で、DS雷管本体としての発火点について試験したものを表-1 に示す。ただし、今回の電気雷管と同様の性能であるかを確認する目的で、耐熱試験を実施した。

電気雷管の耐熱試験としては、今回安全装置内に電気雷管を入れ、恒温槽で温度制御した上で発火点を確認する試験を実施した。試験装置の概要を図-2 に、試験装置の仕様を表-2 に示す。電気雷管の耐熱試験は、6本の雷管をセットした安全容器を110℃(case-1)と150℃(case-2)に設定した恒温槽に入れ、発火の有無と発火温度及び経過時間を確認した。

その結果、case-1の実験結果を図-3 に、case-2の実験結果を図-4 に示す。試験結果としては、case-1の6本の結果では100℃到達後53～71分後に各電気雷管の温度が113～116℃に達して発火した。また、Case-2の6本の実験結果では、各電気雷管の温度が121～125℃で発火することがわかった。なお、温度上昇時間の差は恒温槽の温風吹出し口と安全装置内の電気雷管の配置位置の違いによるものである。

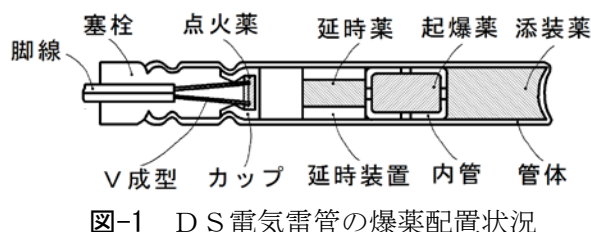


図-1 DS電気雷管の爆薬配置状況

表-1 電気雷管の発火温度¹⁾

薬種	クルップ式発火点
点火薬	200℃
延時薬	340℃
起爆薬	180℃
添装薬	225℃

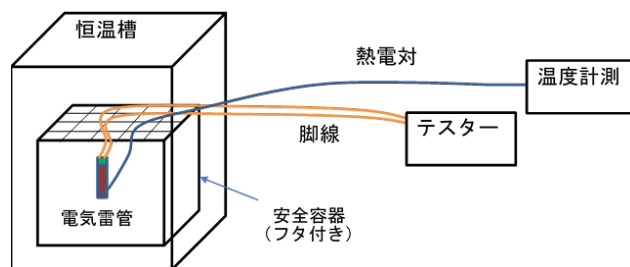


図-2 実験装置の概要

表-2 実験装置の仕様

名 称	メーカー	型式	仕 様
恒温槽	ESPEC	SH241	-40～+150℃
熱電対	二宮電気工業	K型 φ0.32	使用温度250℃以下
データロガー	HIOKI	843	Ch10
パソコン	東芝	dynabook	温度モニター用

キーワード トンネル、発破、電気雷管、暴発、発火温度、ジャミング

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 建設本部 TEL03-6234-3673

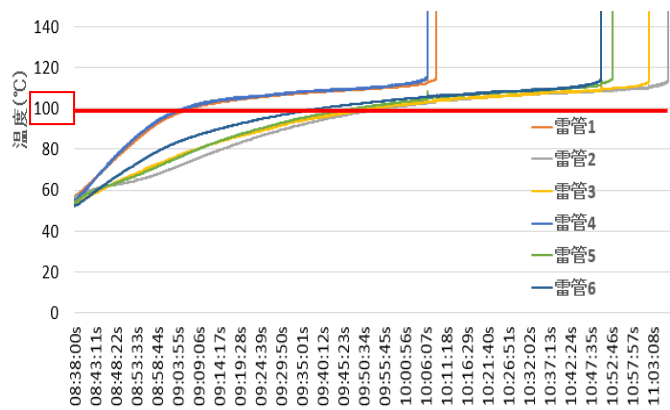


図-3 電気雷管の発火温度(100℃保持)

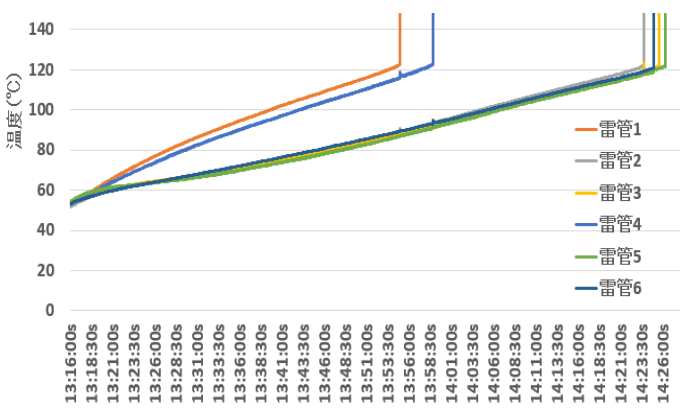


図-4 電気雷管の発火温度(温度連続上昇)

3. 穿孔による孔内温度

穿孔時の温度上昇を確認する目的で、通常のトンネルジャンボを用いて穿孔実験を実施した。穿孔水を用いた通常穿孔時、異常穿孔時のジャミング発生時のロッド引抜き後の孔内温度を挿入式温度計にて計測した。地山は安山岩地山で一軸圧縮強度が 80MPa 程度、C II-b 地山であるため、穿孔長は 1.2m であった。

そこで、通常の穿孔が 30～60 秒/孔であるが、穿孔時間を通常の 5 倍程度に長くしたケースと、ジャミングを模擬するため、孔内に粘土を入れビットを急速回転させることでそのときの摩擦熱による温度上昇からの孔内温度の確認、および今回の試験で実際に生じたジャミングによる孔内温度の結果を表-3 にまとめた。

その結果、通常の穿孔では穿孔時間が長くなっても孔内は最高温度 32℃までしか上昇しなかった。次に、擬似ジャミング時として、穿孔した孔の孔奥に装薬時の込物に使用する粘土を詰め、そこでビットを高速回転させたときの孔内温度(擬似ジャミング)を計測した結果、最高温度が 52℃になること、また、その時のビット温度は 174.4℃になることがわかった。最後に、今回の模擬実験において、実際にジャミングした孔(本ジャミング)も生じたため、その孔内温度を測定したところ、最高温度 150℃以上、ビット温度 600℃以上となる場合があることがわかった。このときの温度は雷管が発火する温度を大きく超えた温度となることが判明した。

表-3 穿孔状況による孔内温度とビット温度

孔種別	孔内	穿孔長 m	穿孔時間 min	穿孔後回転打撃	ROD引抜き時間 min	穿孔水	穿孔Air	穿孔水温 ℃	孔内温度 ℃	ビット温度 ℃	穿孔状況
新設	通常	1.2	5	—	—	ミスト	有	46	20	30	通常穿孔
新設	通常	1.2	5	—	—	水	有	67	21		通常穿孔
新設	通常	1.2	5	—	—	ミスト	有	67	32		通常穿孔
新設	通常	1.2	5	—	—	空掘り	有	67	20		通常穿孔
既設	粘土1個	1.2	—	回転:5.0min	—	なし	極少	—	20	24.3	孔奥で5分回転
既設	粘土5個	1.2	—	回転打撃:5.0min	—	なし	なし	—	52	174.4	擬似ジャミング
既設	粘土3個	1.2	—	回転打撃:5.0min	—	なし	なし	—	46	93.9	擬似ジャミング
新設	粘土	1.2	1	回転打撃フィード:1.5min	—	水	有	46	55	250	本ジャミング
新設	粘土	1.2	1	回転打撃フィード:5.0min	1	ミスト	有	46	85	600以上	本ジャミング
新設	粘土	2.0	1	回転打撃フィード:10.0min	11	ミスト	有	62	150以上	600以上	本ジャミング

注) ミスト穿孔時の使用水量：0.4L/min, 通常水穿孔時の使用水量：92L/min

4. まとめ

電気雷管の発火試験結果では 110℃の恒温槽による試験では 53～71 分後に 113～116℃に達して発火し、恒温槽 150℃では 121～125℃で発火することがわかった。また、穿孔時にジャミングが発生した場合には、穿孔時間、ロッド引抜き動作、穿孔水・穿孔エアの有無により孔内温度が 150℃以上になることがあった。よって、今後の爆薬の暴発対策としては、通常穿孔では問題ないものの、穿孔時にジャミングが発生した孔には安全性を考慮すると装薬してはならないことが判明した。

参考文献

1) カヤク・ジャパン（株）実験結果