

Ⅲ - B184

発破工法による岩盤破碎での死圧現象に関する基礎的実験

(株) 大本組 技術本部 正会員 鈴木昌次
 (株) 大本組 技術本部 正会員 丸山 功
 旭化成工業 (株) 化薬研究所 佐藤俊一
 旭化成工業 (株) 化薬販売第一部 富岡義昭

1. はじめに

現在、発破工法に多く用いられている含水爆薬は、鋭感剤として含まれる気泡（ガス）やガラスバルーン等の断熱圧縮による熱エネルギーに起爆性や伝爆性が依存する。このため、加圧下では気泡等の圧縮もしくは破壊により、起爆感度が極端に低下する死圧現象を生じることがある。実際の問題としてはデッキチャー等において、前段の衝撃圧によって後段の爆薬に死圧を生じ不発残留する場合等が考えられる。そこで、死圧を生じない限界込め物長を調べるための陸上および水中（水深4.5m）での起爆実験を行った。本文では含水爆薬と非電気式雷管を用いた実験結果を報告するとともに、限界込め物長の推定式を提案する。

2. 死圧実験

死圧現象に関する研究は従来から行われており¹⁾、爆薬に含まれる鋭感剤によって異なる現象が見られることも明らかにされている²⁾。しかしながら、実際の発破工事では一般に砂や砂利等を込め物に用いており、死圧現象を回避するために必要となる込め物長を知るための実験は筆者らの知る限り行われていないようである。死圧現象に関する実験方法にはドナーを鋼管内に装填し、少量の爆薬を起爆させたり、静的に加圧する等の方法がある³⁾。ここでは、同様に鋼管を用いて、現在市販されている爆薬と砂を用いた陸上および水中での起爆実験を行った。表-1に供試体諸元を示す。本実験では実際の発破工法として、塩ビ管内に装薬したカートリッジを装薬孔に挿入する方法を考案した。このため、供試体には装薬室に空気もしくは水を充填した場合を設定した。図-1に陸上実験、図-2に水中実験の状況を示す。なお、段発発破を想定した場合に後段の爆薬に作用する外力は爆轟衝撃圧力と、爆発ガスによる静的圧力がある。静的圧力に関しては例えば1~3)等の知見を参考とすることが可能と考えられるため、本実験では衝撃圧力のみを対象としている。

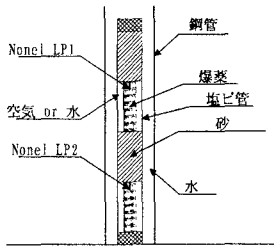
表-2に実験結果を示す。表中のPVC(A)は装薬室内が空気の場合、PVC(W)は水の場合を示す。また、衝撃圧力は式(1)の砂中を伝播する衝撃波の最大圧力推定式から推定した。式(1)は旭化成工業(株)による実験式であるが、係数値は非公開である。表-2より、衝撃圧力で2.7Mpa以下の範囲では死圧現象は起こっていないが、38.8Mpaでは不爆となる場合がある。また、実験回数が1回ではあるが、水中実験で

表-1 陸上死圧実験の爆薬等、供試体諸元

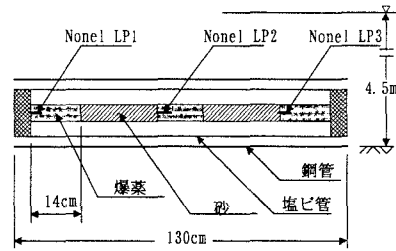
爆薬	陸上実験	旭化成工業(株) サンベックス 100A (500g, φ:50mm, L:215mm, 比重:1.2~1.3, 爆速:5000~5500m/s, 耐圧強度(静水圧):0.3Mpa, 鋭感剤:樹脂バルーン)
	水中実験	旭化成工業(株) サンベックス えのき (100g, φ:30mm, L:140mm, 比重:1.15~1.2, 爆速:5600~6000m/s, 耐圧強度(静水圧):0.3Mpa, 鋭感剤:樹脂バルーン)
雷管	陸上・水中	Nitro Nobel 社 Nonel 雷管 (LP1, LP2, 遅延秒時:100ms)
込め物	陸上・水中	シルト混じり砂 (密度 2.7g/cm ³ , 含水比 8.6%, D50=0.35mm)
塩ビ管	陸上実験	VP65 (内径 D: 67.8mm, 管厚 t: 4.1mm, t/D: 0.06)
	水中実験	VP40 (内径 D: 40.8mm, 管厚 t: 3.6mm, t/D: 0.09)
鋼管	陸上実験	SGP-B 100A (内径 D: 105.3mm, 管厚 t: 4.5mm, t/D: 0.04)
	水中実験	SGP-B 50A (内径 D: 52.9mm, 管厚 t: 3.8mm, t/D: 0.07)

死圧現象、含水爆薬、非電気式雷管、鋼管起爆実験、死圧限界距離

〒700 岡山市内山下 1-1-13 TEL 086-227-5156 FAX 086-227-5176



図－1 陸上死圧実験の実験状況図



図－2 水中死圧実験の実験状況図

$$P_{\max} = K \left(W^{\frac{1}{3}} \cdot R^{-1} \right)^n \quad (1)$$

$$R = 0.466 W^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

ここに、W：薬量(kg)、R：爆心からの距離(m)、Pmax：衝撃波の最大圧力(Mpa)、K,n：定数、R：限界込め物長(m)

は 3.7Mpa で死圧現象を生じている。このことから、実験で使った爆薬では 2.7Mpa 程度を越えると、起爆が不安定になると推定される。なお、Nie^{1,2)}の実験によれば、グラスバ

表－2 死圧実験結果

実験種類	カートリッジ	実験回数	薬量(kg)	込め物長(cm)	衝撃圧力(Mpa)	起爆状況
陸上死圧	PVC(W)	1	0.5	18.0	38.8	正常起爆
	PVC(A)	1	0.5	18.0	38.8	雷管起爆、爆薬残留
	PVC(A),PVC(W)	5	0.5	37	2.7	正常起爆
	PVC(A),PVC(W)	4	0.5	74.0	0.2	正常起爆
水中死圧	PVC(W)	1	0.1	20	3.7	1、3段は起爆、2段は雷管起爆、爆薬残留
	PVC(W)	1	0.1	40	0.3	正常起爆

ルーンを用いた爆薬ではバルーン強度により 10～20Mpa 以上、ガス気泡では 17Mpa 程度で死圧が生じている。本実験においては 20Mpa 前後での実験が行われていないが、38.8Mpa で死圧が生じていないケースもある。しかし、この間の込め物距離に対する衝撃圧力の変化はかなり急激であり、込め物長を厳密に評価し実際面に反映させることは困難と思われる。以上より、実際の発破設計に用いるべき限界値には安全性を見込んで死圧限界衝撃圧力を 2.7Mpa、薬量 0.5kg に対する死圧限界込め物長を 37cm とするのが適当であろう。また、任意の薬量に対する死圧限界込め物長は、式（1）の Kirkwood-Bethe 式に上記の値を適用した式（2）を用いることが可能と考えた。なお、塩ビ管内を水とした場合と空気の場合による明らかな差異は見られなかったが、水の方が若干死圧を受けにくい傾向が見られた。これは、容器内の水が圧縮に対して抵抗し、爆薬の過度な圧潰を妨げる役割を果たしたかとも考えられるが、現時点では明らかではない。

3. おわりに

死圧現象に関しては従来からいくつかの研究がなされており、鋭感剤によって圧力作用下での爆薬の挙動に大きな差違のあることが知られている。このため、本実験の結果は供試体に用いた爆薬と同様の組成を有する爆薬のみに適用可能である。なお、ここでは十分な実験数を実施したとは言いがたい。また、薬量の増加に関しても確認実験が必要と思われる。したがって、式（2）は現状での目安と考え実際の発破では十分な検討が必要であり、今後はより現実的な現位置での発破実験を実施する必要があるだろう。

参考文献：1)S. Nie: Pressure desensitization of emulsion explosives, Proc. of the 4th Int. Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Austria, pp.409-412, 1993.6 2)S. Nie: Pressure desensitization of a Gassed Emulsion Explosive in Comparison with Micro-balloon Sensitized Emulsion Explosives, paper for ISEE meeting 1997, 松本他：願粋爆薬の加圧爆ごう性、工業火薬、Vol.43, No.5, pp.329～334, 1982