

山口大学工学部 正倉 牛川 浩二
日本化学工業工場 坂本 佐
日本化学工業工場 山本 顯一郎

1 はじめに.

移動荷重による物体中の応力場の伝播に関する問題は、航空機の着陸時や高圧鉄道等の走行により地盤中に生じる活動現象としてとりあげられ、また数値的・解析的検討から時に論じられるようである。この問題はバンカットあるいはトンネル掘進の際の岩盤において複雑的な問題とされている。すなわちこれらの岩盤においては、かなりの長さの弾性帯が形成され、その弾性帯が時に10mにも及ぶ。この場合岩盤中の縦波の伝播速度が4000m/sec程度とあるのにくらべて爆薬の爆速は3000~7000m/sec程度と考えられ、載荷点の移動速度が縦波の伝播速度にくらべてやや遅い状態から次第に非定常が生じると考えられる。そして爆速によらず活動領域は立ち上りを取り囲む衝撃波となり、岩盤中と爆薬の形成する方向へ移動することが予想される。このことは弾性帯による岩盤中の応力状態は爆薬の近づく側と遠ざかる側とは下向きな相異を生じ、また爆薬の移動速度がなれり爆速と材料中の縦波の伝播速度との関係により大きく異なるであろうことと意味する。施工上の問題としてはこの相異によりバンカットあるいはトンネル掘進において起爆と孔距とを行なうか、孔口を行なうかによって衝撃波による破壊の状況が異なり、その差部効果に与える影響が考えられる。

本研究はこの問題に関する基礎的な資料を得ることと目的とし、岩質材料矩形板の一端に於ける爆速の異なる爆薬と弾性帯を、一方より起爆した場合の板中の応力状態と板の破壊形状について検討した結果を報告するものである。

2. 実験概要

用いた岩質材料試験体は100cm×25cm×3cmのメキシコモルタル板である。材料には砕砂と早乾ポルトランドセメントを用い、配合はS:C:W=2:1:0.5とした。鋼製型枠に打ち設け1日で脱型、6日水中養生し、以後室内に保存し、約2週間を要して供試した。

モルタル中の縦波の伝播速度はおよそ3900m/secであり、爆薬として1はペントリット(爆速6024m/sec)およびスラリ一爆薬の一種(爆速3685m/sec)を用いた。

ペントリット(弾径10mm, 重量100g/100cm)およびスラリ一(弾径20mm, 重量330g/100cm)とPhoto 1のように供試体の側面に弾性帯を、その一方から号筒管により起爆した。さらに爆速が無制限の状態と近似するために弾性帯をペントリットに5ヶ所20cm間隔に50cm長の導爆線をつなぎ、導爆線の一端とをそろえて牽引、6号筒管で起爆した。これにより弾性ペントリットはほぼ同時に等間隔5ヶ所で起爆され、供試体全体が同時に載荷(弾性帯、破壊)された状態が近似される。

載荷による衝撃のために破壊され、とばされた破片をあらかじめ記入しおいて破壊線にしにがつくよう渡し、その破片の載荷に依る破壊の状況と検討した。また載荷時に支点からの衝撃的な反力を生じさせないために砂上にゴムボールを置き、その上に供試体を静止させ、実験を行った。

3. 実験結果と検討

5ヶ所同時起爆のペントリット、弾性一途起爆のペントリットならびにスラリ一爆薬により破壊されたモルタル板の還元写真とPhoto 2に示す。供試体の載荷面近くは新しい衝撃波のために自身に破壊され、幅にしておよそ3~5cmが欠けられた(破壊線の間隔はそれを約5cmとみる)。さらに供試体は爆発によりとばされ、破片の一部は爆発直後の鉄

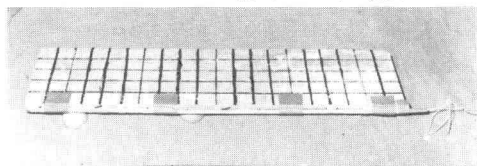


Photo 1. 供試体と弾性帯爆薬(ペントリット)

筋コンクリート壁に衝突し、二次的破壊を生じた可能性を含んでいるが、これら3枚の写真から荷重の移動速度による破壊の形状の差が顕著となることが認められる。

この差を説明するために移動荷重が載荷される場合の板中の応力状態を考える。いま荷重移動速度が流動伝播速度にくらべて無視に近く重い場合には載荷面からの波が十分に試料中へ入らないうちに荷重は載荷されるべき面全体に行きわたっており、その結果試料中の波の伝播は載荷面に垂直、すなわち流動は載荷端にほぼ平行に移動する(図-1)。これにくらべて荷重の移動速度が流動伝播速度と同程度の場合には図-2 のようになり、流動面の載荷面との傾きは起爆点に近いところでは小さく起爆点と離れるにしたがって載荷面に垂直に近しい状態と進行することになり、起爆点と反対側の面へ達するころにはほぼ試料長さに垂直な流動が自由面へ入射することになる。さらに荷重の移動速度が流動の伝播速度より重い場合には流動の傾きは載荷点の進行によっても試料長さに垂直になることはない。そのために起爆点と反対側の試料端面(自由面)に流動が達するときは流動はこの端に傾きを生じたまゝとなる(図-3)。

これらの応力波は載荷面と反対側あるいは起爆点から近い側の自由面に入射し、その反射波により試料と破断せむかと考えられる。その状況は写真にみられるように図-a, b, c の解読とよくうらづけくあり、爆発の相壁による試料の破壊状況の相壁と示している。これらの試料において2ペントリットとスラリ爆薬という爆薬の質的相壁および重量の差による条件の変化は考慮する必要があるが、上述の定性的状況と認めることが出来る。

発破による岩石の破壊は衝撃波による破壊とガス圧による破壊の複合的なものであり、本実験の活動のみの結果をもって発破と論じるのに問題があるのはいうまでもないが、この点論が破壊効果に影響をもつ要因の一つであることを認められる。

本実験は日本化学工業(山口県厚狭郡山陽町)の爆発実験場において行われ、そのとおり、実験に便宜と計ったにたいわ井工場のおよび実験に御協力いただいた日本化学、山口大学の諸氏に感謝の意を表す。

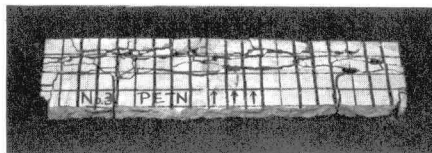


Photo 2a 5点同時起爆ペントリットによる載荷

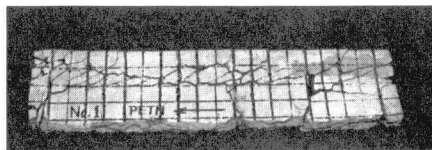


Photo 2b 棒状装薬一端起爆ペントリットによる載荷

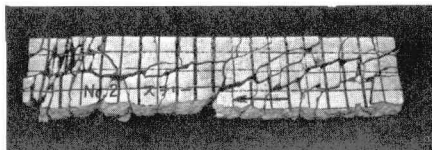


Photo 2c 棒状装薬一端起爆スラリーによる載荷

