

1. まえがき 近年盛んに行なわれるようになった有限要素法による岩盤のゆるみ解析では応力解放やクリーブによるゆるみとは分離された発破による初期ゆるみを、入力条件として与える必要がある。また、既設の空洞が隣接する場合にはしばしば制御発破が行なわれるが、薬量や発破点からの距離などと発破によるゆるみの関係を得る必要がある。そこで、著者らは、岩盤用動歪計の開発を行ない、室内試験でその性能を確認した後、実際の岩盤に設置して発破時に生じる動歪と残留歪の測定を行なった。ここでは、使用した岩盤用動歪計の信頼性に関する考察及び発破によるゆるみの定量的な状況を報告する。

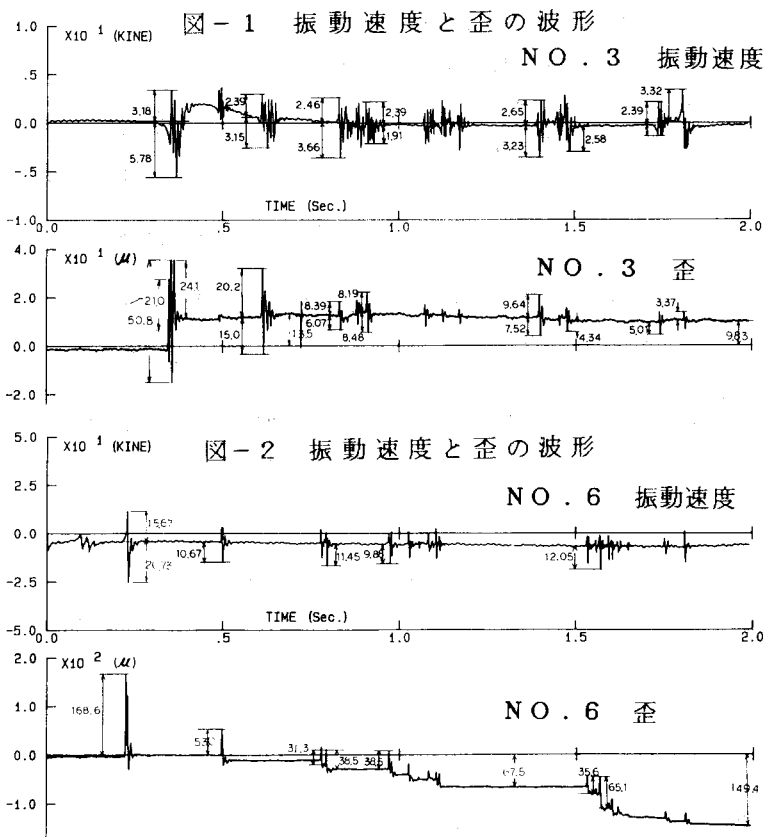
2. 試 験 調査場所はトンネル建設現場で碇仮置用に掘られた2本の横坑の間約11 mの岩盤である。岩盤性状は傾家変成帯に属する中～粗粒花崗岩で、圧縮強度は 2000 kg/cm^2 程度、物理探査による弾性波速度(P波)は 4500 m/sec 程度であり、地質分類(増田による分類法)は C_H 級に属する。発破点と反対側の横坑から断面中央に岩盤用動歪計(全長50 cm、最大径 $38 \phi \text{ mm}$)を表面より50 cm奥に特殊モルタル(圧縮強度 1500 kg/cm^2)で注入、埋設し、横坑表面に加速度計を設置した。各発破は6段の段発で1段の時間が0.25 secとなる遅発電気雷管を用いている。また、1段目の使用薬量は 1.2 kg とほぼ同量である。

3. 結果の検討 ① 振動波形と歪波形の比較; 図-1, 図-2に加速度計まで発破点が6.8 mと3.8 mの場合の振動速度波形と歪波形の例を示す。振動速度波形は測定した加速度波形を積分し、DC~50 Hzまでの部分を0~1の均等勾配のフィルターをかけて求めた。図-3に初段の部分を歪 1μ と振動速度5 Kineを同じスケールに取って

示した例である。歪波形に生じるドリフト成分を除けば、振動速度波形と歪波形はよく対応していることが明らかとなる。

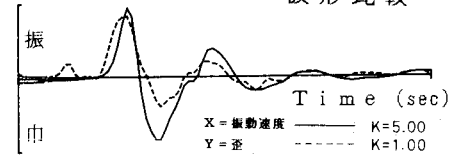
② 発破振動と動歪の距離減衰; 図-1, 2に示すように、振動波形の片振巾を動歪とし、ドリフト成分を静的歪、すなわち、残留歪として読み取った。この動歪と振動速度を縦軸に取って距離減衰図を作成したのが図-4である。薬量や岩質などは各発破で一定しないが、各回の初段に注目すれば、薬量はほぼ一定であり、芯抜き発破であるので振動も大きい。

図-4は初段の結果を示しており振動速度では、



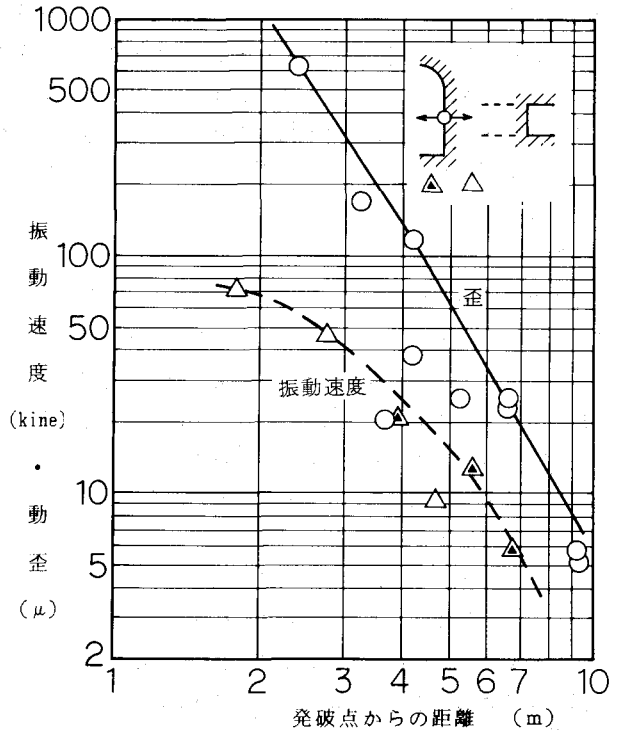
距離が短くなると距離減衰勾配が小さくなる傾向は明らかである。それに対し、動歪では距離が短くなっても距離減衰勾配が変わらない傾向を示している。軸方向振動速度 v と軸方向歪 ϵ の間には伝播速度 V_p の縦波が伝播するとして、 $\epsilon = v/V_p$ 、 $V_p = v/\epsilon$ の関係がある。 ϵ/v は上述したごとく距離が短くなるほど v が ϵ に比べ小さくなることから、 V_p が小さくなる傾向を示すことになる。すなわち、ゆるみが進行したことを示している。③ 残留歪； 発破点から測定点までの距離を

図-3 振動速度と歪の波形比較



横軸に、その発破による残留歪および1回目からの累積残留歪を縦軸に取って示したのが図-5である。発破点の遠い間は圧縮側となっている。発破点側と計測点側の両横坑は発破で掘削されており、横坑間の岩盤が発破と応力解放によって今回の測定以前にゆるんでいたと考えれば、ゆるんでいた空隙が初期の発破によって小さくなる方向に進行したと理解される。そして発破点が接近すると逆のゆるむ方向に進行したことになる。本測定の結果は無垢の岩盤のゆるみ問題にそのまま適用できない可能性がある。しかし、引張側の残留歪増大は明確かつ急激であるから、それを一つの目安とすることはできよう。すなわち、残留歪が大きくなるのは発破点から4～5 mでその時点の最大加速度は10 G程度、振動速度は15 Kine、動歪振巾は100 μ 程度である。

図-4 距離減衰図



4. まとめ 今回の調査から、以下のことが明らかになった。

(1) 歪波形と振動速度波形の最初の部分がよく対応しており、本調査に用いた岩盤用動歪計で、発破による岩盤歪の測定が可能と判断される。

(2) 歪と振動速度の比較から、発破が近づくと岩盤の伝播速度、ヤング率の低下する傾向を得た。

(3) 残留歪は、発破点が4～5 mに近づくと引張側に大きくなり、その時の最大加速度は10 G、振動速度は15 Kine、動歪は100 μ 程度であった。

おわりに、本調査に協力いただいた東大阪生駒電鉄の方々および当社、石沢宏所長をはじめ菊地功所長代理、渡辺和憲主任、線谷昭夫、若林良二両職員に深く感謝します。

<参考文献> ① 小出、後藤；岩盤用動歪計の信頼性についての検討（室内性能試験結果）、大林組技術研究所報告

② 池田和彦、他；土木弾性波探査法、物理探査技術協会(1977) pp404～438

③ 須藤秀治、他；発破ハンドブック、工業火薬協会(1978)、pp365～403

図-5 距離と残留歪

