

III-A 394

弾性波の全周トモグラフィによる岩盤の緩み評価と
予備的応力変形解析

---地下実験施設におけるジオトモグラフィ探査と岩盤評価（その7）---

(株)大林組 技術研究所 桑原 徹、鈴木健一郎
同 上 金田義行、並木和人

1 はじめに

鉱山中に設置した地下実験施設を利用して、弾性波を用い医学分野のCTスキヤン的なトモグラフィを行い、速度解析・減衰解析・数値シミュレーションを実施した。その結果当初の岩盤構造に加えて、短期的および長期的な緩みを反映したと考えられる速度および減衰特性の変化を検出できた。対象岩盤は元来極めて安定した岩盤で、また掘削断面も決して大きいわけではないが、それにもかかわらず緩みが時間とともにかなり進行していることが明かになった¹⁾。今回はこのような現象に関して、応力変形解析の立場から²⁾予備的であるが検討を行った。

2 トモグラフィ解析結果

地下実験施設において馬蹄形の坑道を利用して（図-1）、掘削の前後にわたり、馬蹄形内部の岩盤について、弾性波による全周トモグラフィを実施した。1回目の測定は坑道側壁（図中、既設坑道および新設坑道A）全周にわたり、2回目の測定は新たに掘削した坑道（同、新設坑道B）を利用し、坑道側壁の約半分について行った。

速度解析（図-2）および減衰解析の結果によると、発破掘削による坑道側壁周辺部での短期的な緩みと、中心部の新鮮岩盤部の長期的な緩みとに識別できる。

このような弾性波速度の変化を経時変化として概念的に図-3に示した。馬蹄形の新設坑道Aの掘削直後の弾性波速度を、PS検層結果から6.2km/secと想定する。新鮮岩盤部で速度のやや大きい部分（図-2Aの上側部分）では、2年間（PS検層から2回目のトモグラフィまで）で13%（ $V_p = 6.2\text{km/sec} \rightarrow 5.4 \sim 5.7\text{km/sec}$ ）、

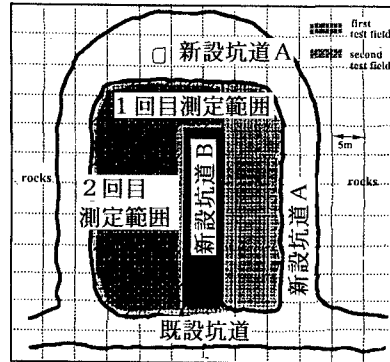
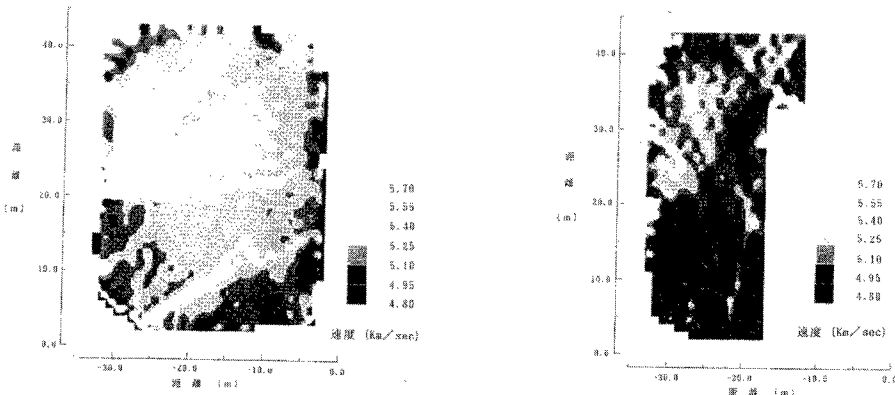


図-1 調査位置図



A : 1回目測定結果

B : 2回目測定結果

図-2 弾性波トモグラフィ解析結果（速度解析）

4 ヶ月（1回目から2回目のトモグラフィ）で3%（ $V_p = 5.4 \sim 5.7 \text{ km/sec} \rightarrow 5.2 \sim 5.6 \text{ km/sec}$ ）の速度低下が、また新鮮岩盤部でやや速度の低い部分（図-2A 下側部分）では4 ヶ月（同上）で6%（ $V_p = 5.2 \sim 5.4 \text{ km/sec} \rightarrow 4.7 \sim 5.2 \text{ km/sec}$ ）の低下が認められた。岩石試料の暴露試験から推定された長期劣化（非線形弾性的）による岩盤物性の低減率は、半年で5%、2年で約7%である。今回のトモグラフィ結果は、この暴露試験による低減率よりもかなり大きく、開口亀裂による非線形弾性的あるいは岩盤の粘弾性的な長期クリープ現象と思われる。なお調査領域は鉱山全体としてみれば不飽和領域であるので、緩みに伴う領域の飽和帯から不飽和帯への変化に伴う弾性波速度の変化は考慮していない。

3 応力変形解析

3次元粘弾性解析による掘削解析により、掘削過程における応力配分の変化を検討し、トモグラフィによる長期変形特性の再現性について検討した。図-4に解析モデルを示す。図-5に解析結果を示すが、ここでは応力比（最大せん断応力/平均応力）をパラメータとして岩盤の安定性を評価した。一般に応力比が増加するほど岩盤の安定性は低下する。1回目に対応する図-5Aでは坑壁周辺での応力比の増加が、また2回目に対応する図-5Bでは岩盤の全体的な応力比の増加ならびに弾性波速度の部分的な差異が応力比の相違としても再現されている。すなわち、図-2Bと図-5Bとの対応から、速度の大きい部分では新設坑道Bの掘削後も応力比は相対的に小さく安定しており、逆に速度の小さい部分では、掘削後ではいっそう応力比が大きくなり不安定性を増している。以上のように定性的ではあるが、岩盤の長期的な経時変化を再現することができた。

4 おわりに

今後は、未報告の3回目のトモグラフィデータも含めて約5年間の弾性波速度の経時変化を把握し、解析モデルをさらに検討して、岩盤の長期的な緩み（クリープ）現象の定量的な評価技術に関して検討を進めてゆきたい。

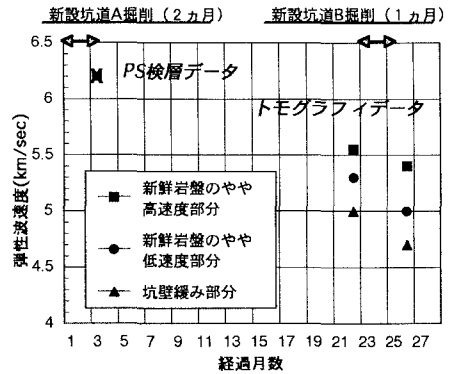


図-3 弾性波速度の経時変化

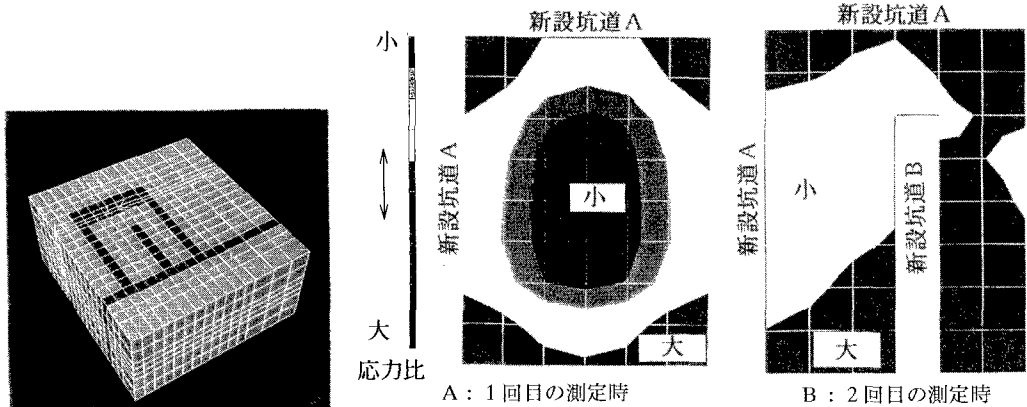


図-4 解析モデル

図-5 粘弾性解析による応力比の分布

参考文献 1) 桑原、他：弾性波の全周トモグラフィによる空洞掘削の緩み評価、第26回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.316-320,1995、2) Kaneda Y., et al. : Evaluation of loosened zone by use of geotomography and excavation analysis, Proceedings 3rd SEGJ/SEG international symposium, pp.383-391, 1995