

III-304 孔間弾性波測定法によるグラウト効果の判定についての実験的考察

株式会社 間 組 正会員 世一英俊
同 上 正会員 蓮井昭則
同 上 正会員 山下 亮

1. まえがきおよび背景

ダム基礎岩盤を始めとして、岩盤を改良する目的でグラウトが一般によく利用されている。この際、グラウトによってどの程度岩盤が改良されたかを定量的に評価する試みは各種行われてきているが、確立された方法には至っていないのが現状であろう。例えば、ダムにおけるカーテングラウトでは、チェックボーリングを用いた透水試験（ルジオンテスト）が行われるが、この方法ではボーリング孔壁付近の透水性の確認に限られており、岩盤全体を評価できるものではない。また、弾性波速度で岩盤の改良効果を判定する方法が提唱されているが¹⁾、測定精度や岩盤他の特性との関連が不明瞭な点等で実施されることは少なかった。

しかしながら、最近になって、岩盤調査・評価の手法として、孔間弾性波測定法（Cross-Hole Seismic Surveying Technique）が注目されるようになってきた。筆者らは、この孔間弾性波測定法を用いることによって、孔一孔に挟まれた岩盤の面としてのグラウトによる改良効果を評価することを目的とし、実験的に研究を進めてきた。

2. 孔間弾性波測定システム

筆者らは、以前に、ある地下発電所の掘削に伴って周辺岩盤の特性調査を実施した。この中で、図-1に示すように、孔間弾性波測定を実施し、掘削による空洞周辺岩盤の弾性波速度の変化（図-2）から、岩盤のゆるみ深さの推定に適用できることがわかった²⁾。

この実験においては発振源として雷管を用いたが、発振のエネルギーにばらつきが多く、常に同じ大きさのエネルギーを出す発振方法を検討し、図-3に示す測定システムを開発した。本システムは圧電素子を内蔵した発振装置と圧電型加速度計を内蔵した受振装置を水圧で孔壁に圧着させるものである（写真-1参照）。発振周波数範囲は数kHz-数10kHz で 5-100ms間隔で繰返し発振が可能であり、スタッキング機能を持つデジタルストレージオシロスコープ（通常サンプリングタイム0.5 μ s）に記録されるため、S/N比（信号とノイズとの比）が改良されており解像度が高い³⁾。

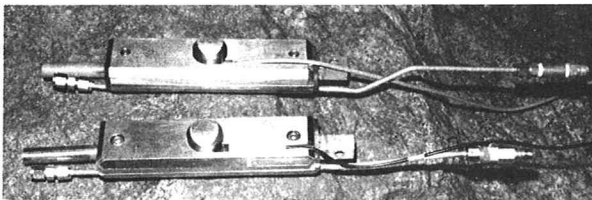


写真-1 発振・受振装置

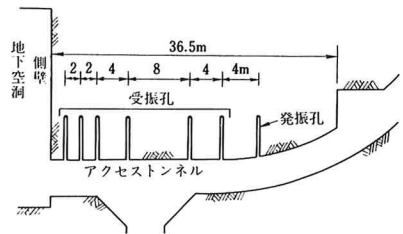


図-1 孔間弾性波測定例（地下空洞）

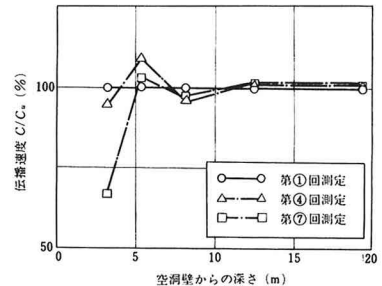


図-2 掘削による弾性波伝播速度の変化

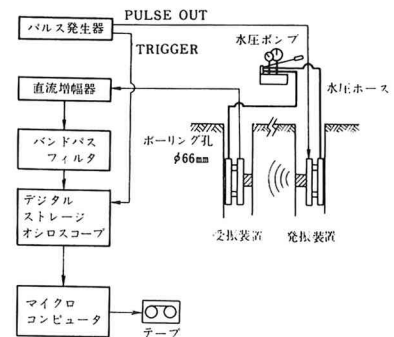


図-3 孔間弾性波測定システム

3. ダム基礎岩盤における測定例

ダム基礎岩盤において、カーテングラウトによる岩盤の改良効果を確認するために、本システムを用いて試験的に測定を行った。当地点の岩盤は、図-4に示すように新第三紀の泥岩を主体とし、凝灰岩を挟在している。泥岩は風化が進み、比較的クラッキーなC_H～C_L級の岩盤であり、凝灰岩は著しく粘土化が進んだD級岩盤で層厚は0.2～1.5m程度である。

2本のボーリング孔は孔間隔93.5cmで、鉛直下方18mの深さまで穿孔されており、地表面から約4mはコンクリートである。測定は深さ5m以下の岩盤について深さ方向間隔を0.5mとし、発振および受振装置を順次下方へ移動させることにより行った。

図-5に、グラウト前後で得られた弾性波伝播時間の深度分布を示す。また、図-6はグラウト前後で得られた最大振幅の比（卓越周波数20kHz付近のスペクトル値の比）を示している。

図-5において、グラウト後の弾性波伝播時間はグラウト前のそれに比べて0～25ms短縮の傾向にはあるが、必ずしも両者の差は有意とはいえず、弾性波速度の上昇を明瞭に捉えたとはいえない。一方、図-6をみると、深度9～10mの凝灰岩層部分を除いて振幅は明らかに大きくなっていることがわかる。

4. 考 察

比較的クラッキーな泥岩層部分においてはグラウトによって弾性波速度はほとんど変化しないが、岩盤中のクラック（節理、亀裂等）にグラウト材が充填されたために、弾性波の伝播特性が向上し、振幅が増大したということがいえる。また、粘土化した凝灰岩層部分では、グラウトによって粘土分が洗い流されたためか、弾性波速度が変化しないばかりか、振幅も減衰した。

このことは、グラウトによって、岩盤の特性を積極的に向上させることは難しく、岩盤中の節理、亀裂等の不連続面を充填することがグラウトの主目的であるとの判断に帰着する。この場合、弾性波速度の変化を改良効果判定の指標とするよりはむしろ弾性波振幅の変化を指標とすることが望ましいといえよう。

5. あとがき

以上に、岩盤の状況変化を調査・評価する方法として弾性波速度のみならず振幅比（スペクトル比）が有望であることについて述べた。今後の課題として、上記弾性波伝播特性と他の特性および強度との相関性（弾性係数、ルジオン値せん断強度等）を明確にするため多くのデータを積み重ねていく予定である。

【参考文献】1)日本材料学会：岩石力学とその応用、丸善、1966。

2)世一、蓮井、山下：地下空洞掘削時における周辺岩盤の物性変化に関する計測結果とその評価について、第6回岩石の力学国内シンポジウム、pp.193-198、1984.12。3)蓮井、山下、世一：岩盤における孔間弾性波測定システムとその適用について、第18回岩盤力学に関するシンポジウム、pp.436-440、1985.2。

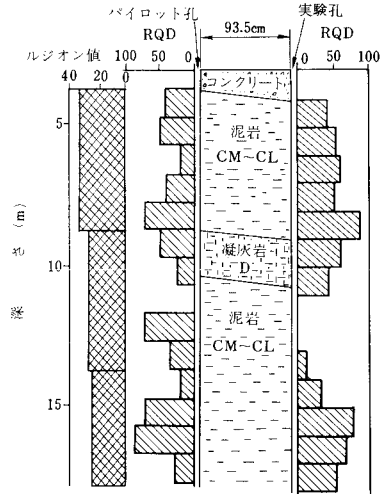


図-4 地質状況（ボーリングコア）

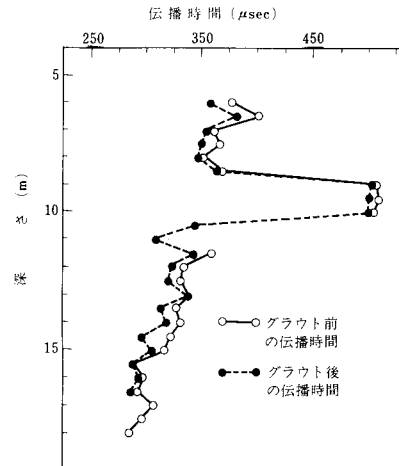


図-5 グラウト 前後で得られた伝播時間

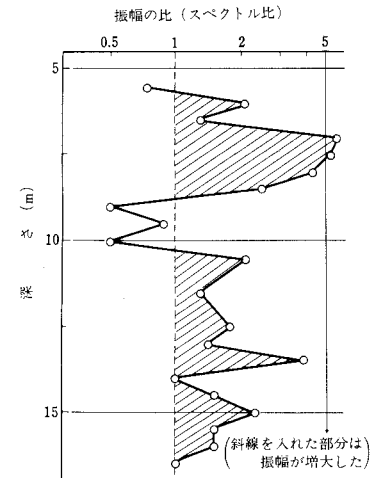


図-6 グラウト 前後で得られた振幅の比