

# 硬質岩盤の地震波伝播速度と現場試験の比較

割れ目のある岩盤を伝わる地震波の速度とは？

Comparison among Wave Velocities from Seismic Observation Waves and Field Tests for Hard Rock Mass

What are Seismic Wave Velocities of Rock Mass with Cracks ?

(電力技術研究所 構築G)

(Electric Power Research & Development Center, Construction Engineering Group)

硬質岩盤の地震波伝播速度は、ダムや地下発電所など岩盤上あるいは岩盤内に建設される重要構造物の地震時の挙動に大きな影響を及ぼす最も重要な値である。岩盤の波動伝播速度を求める試験として、弾性波探査や速度検層がある。これらの試験から得られる波動伝播速度と実地震時の波動伝播速度の関係について比較を行った。その結果、両者には差異があり、その違いの程度は割れ目の量の多少により異なることが明らかとなった。

Seismic wave velocities of hard rock mass are very important property because they influence earthquake responses of dams and underground caves. Therefore several types of seismic prospecting have been carried out to obtain wave velocities. In this study, seismic wave velocities are evaluated from data of observed seismic waves and are compared with wave velocities obtained from field tests for hard rock mass with cracks. The differences are found among them and the reasons of the differences are investigated from the point of the density of cracks in the hard rock mass.

## 1 研究の背景と目的

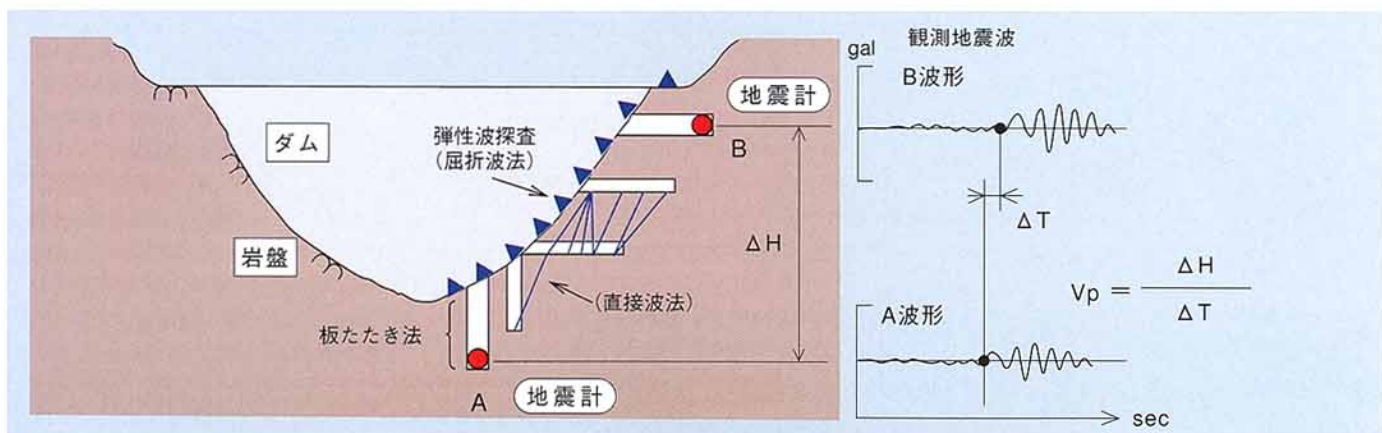
ダムや地下発電所など岩盤上あるいは岩盤内に建設される重要構造物の地震時挙動を把握するために、地震応答解析が実施されている。この際構造物の挙動を正確にとらえるためには、岩盤の地震波伝播速度を的確に評価する必要がある。岩盤の波動伝播速度を求める原位置試験として弾性波探査試験やボーリング孔における速度検層等がある。しかし、これらの試験から得られる波動伝播速度と実地震時の波動伝播速度の関係については明確ではない。そこで硬質岩盤を対象に、

これらの試験から得られる波動伝播速度と実地震時の波動伝播速度の関係を明確にすることを目的とした。

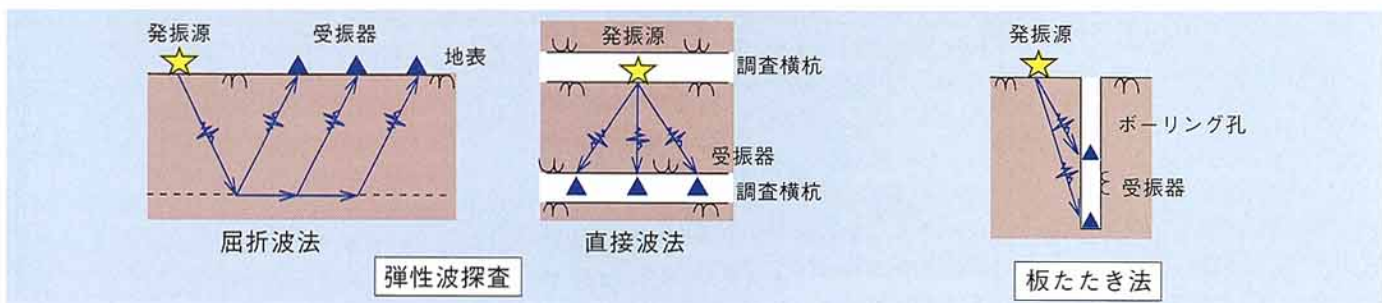
## 2 研究の概要

### (1) 地震観測及び原位置試験の概要

対象とする地点は、アーチダムサイト、変電所敷地等の硬質岩盤サイト6地点(G、H、I、J、M、N地点)である。その内の1地点(アーチダムサイト)における岩盤内地震計の設置位置及び原位置試験の概要を、第1図に示す。原位置試験は地表、調査横坑また



第1図 地震波伝播速度の算出方法と原位置試験の概要



第2図 原位置試験

はボーリング孔内に受振器を設置し、人工的な発振源からの波動の到達時間を測定し、岩盤の波動伝播速度を算出する方法である(第2図参照)。発振源としては、ダイナマイト、カケヤ、重錘落下を用いる。

(2) 地震観測記録による地震波伝播速度の算出方法

第1図に示すように、A、B地点で観測した地震波の主要動の立ち上がりのゼロクロスする時刻の時間差 $\Delta T$ と観測点間の鉛直距離 $\Delta H$ より、P波の地震波伝播速度 $V_p$ を、 $V_p = \Delta H / \Delta T$ で算出した。サイトに対して鉛直上方に伝播していると判断される地震波を対象とし、鉛直動より求めた速度を $V_p$ とした。

### 3 研究の成果

地震観測記録より算出した地震波伝播速度及び原位置試験により得られたP波の波動伝播速度を、比較して第3図に示す。地震波伝播速度及び弾性波探査の結果は得られた値の範囲を示し、その平均値を赤実線、青実線で示す。板たたき法の結果は破線で示す。

図中に各サイトの地震計Aを設置したボーリング孔のRQD(割れ目の量を示す指標で、RQDが大きい程割れ目が少ない)を示す。左からRQDが大きい順、即ち割れ目が少ない順であり、右側に示したサイト程割れ目が多い。

図には、地震計Aを設置したボーリング孔のコアより作製した岩石コア供試体の超音波法(概要を第4図

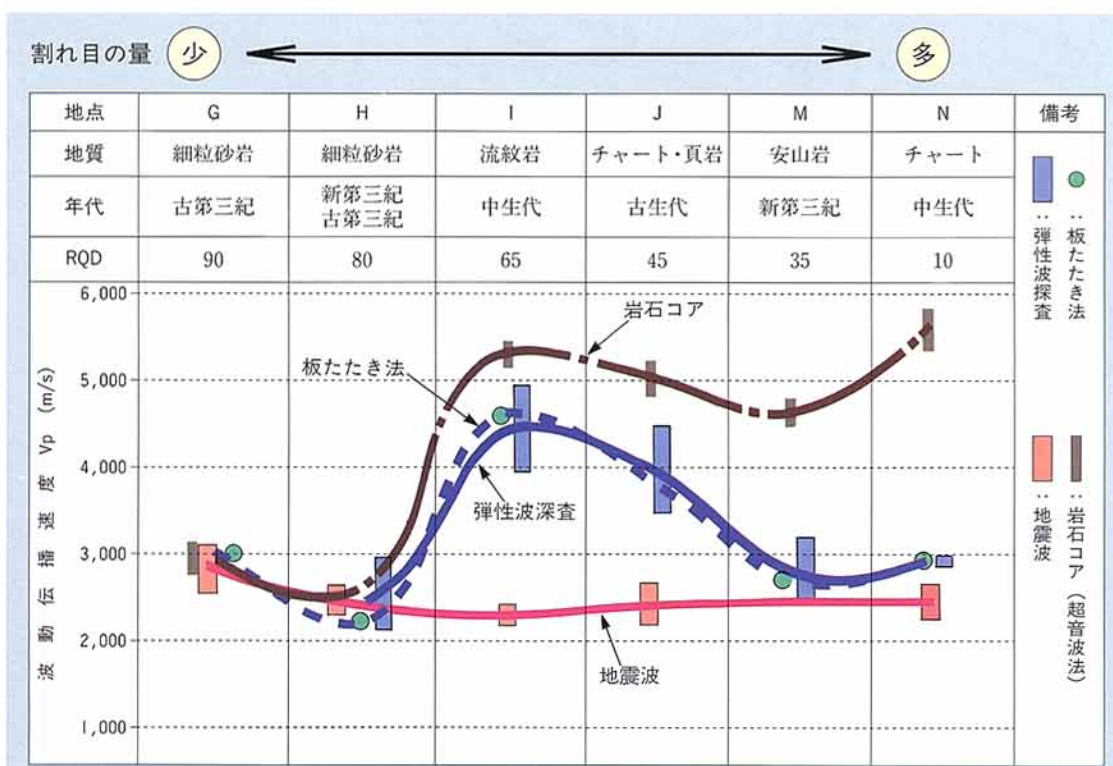
に示す)による $V_p$ も示す。割れ目の量が多くなると、岩石コアの $V_p$ と弾性波探査等による $V_p$ の差が大きくなることわかる。岩石コアの超音波法による $V_p$ と地震波伝播速度は、割れ目が非常に少ない岩盤(G地点)を除き、大きく異なる。

第3図より、硬質岩盤は割れ目の影響によりP波の地震波伝播速度と原位置試験によるP波の波動伝播速度には差異があり、その違いの程度は割れ目の量の多少により異なることわかる。以下に主要な成果をまとめる。

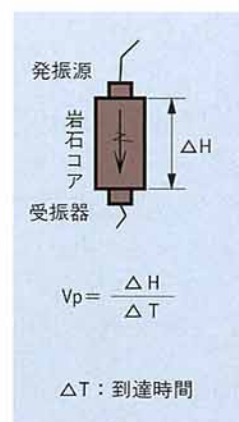
- 板たたき法、弾性波探査による $V_p$ は、概ね一致する。
- 地震波と弾性波探査等による $V_p$ の関係は、割れ目が非常に少ない岩盤(G、H地点)では、両者の $V_p$ はほぼ一致する。しかし一般的には、岩盤の割れ目の多少により大きく異なり(I、J地点)、割れ目が多くなると(N点)またその差が小さくなる。従って、一般に割れ目を有する硬質岩盤の地震波伝播速度として、弾性波探査等より求まる $V_p$ を用いることはできない。

### 4 今後の展開

地震波伝播速度と原位置試験による波動伝播速度が異なる理由について検討し、割れ目を有する硬質岩盤の、地震波や原位置試験による波動伝播速度についてさらに明確にしていきたい。



第3図 地震波伝播速度と原位置試験による波動伝播速度の比較



第4図 岩石コアの超音波法