

Vibration caused by deep underground excavation is a serious problem that can cause not only human suffering but also economic damage such as ground subsidence. However, the actual conditions of vibration caused by underground excavation have not been clarified. In this background, this study began with the most basic issue, evaluating the damping characteristics of ground vibrations, to determine whether there are methods to suppress vibrations generated at great depths underground. A basic study was conducted on the idea of intentionally placing alternating hard and soft layers around the vibration source to dampen the vibration as much as possible before it reaches the ground surface.

地下大深度掘削により生じた振動が地表に与える問題は、人的被害が生じ得るだけでなく、地盤陥没といった経済的被害にもなりうる重大な問題である。しかし、地中での掘削工事により生じる振動の実態はほとんど明らかになっていない。本研究はこのような背景の中、地下大深度で発生した振動を抑制する方法は存在するのかという問題に対し、地盤振動の減衰特性を評価するという最も基礎的な検討から始めた。振動を抑制するために意図的に硬軟の互層を振動源周りに配置し、地表に振動が到達する前に出来る限り減衰させるというアイデアに関して、基礎的な検討を実施した。

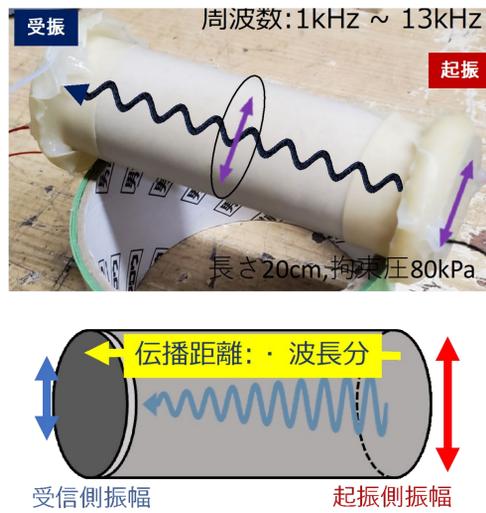
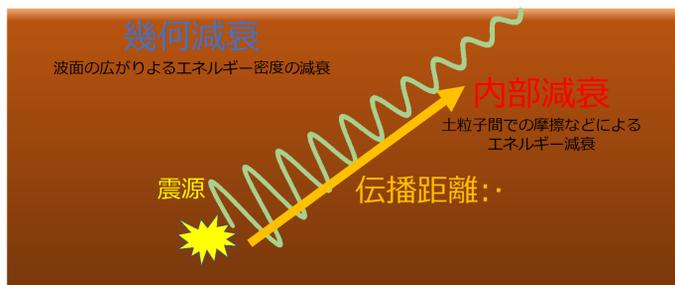
### 円柱状供試体による地盤内弾性波伝播の室内要素試験

#### 振動の振幅と距離の関係

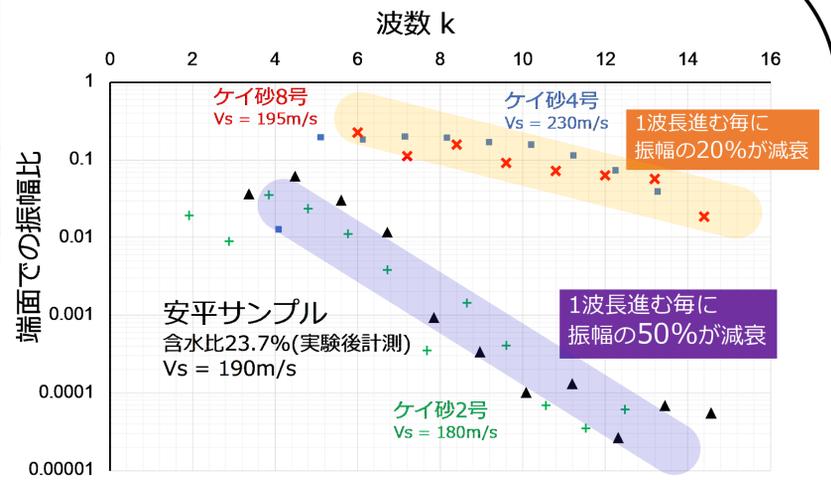
$$A = A_0 \times \exp\left[-\frac{R}{\lambda} \times \frac{1}{Q}\right] \quad (\text{Bornitzの式, 1931})$$

振幅  $A$ 、起振側振幅  $A_0$ 、波長  $\lambda$ 、距離  $R$ 、減衰係数  $Q$

波長ごとに決まった減衰量 → 距離を波数  $k$  で換算 ( $R = k \times \lambda$ )

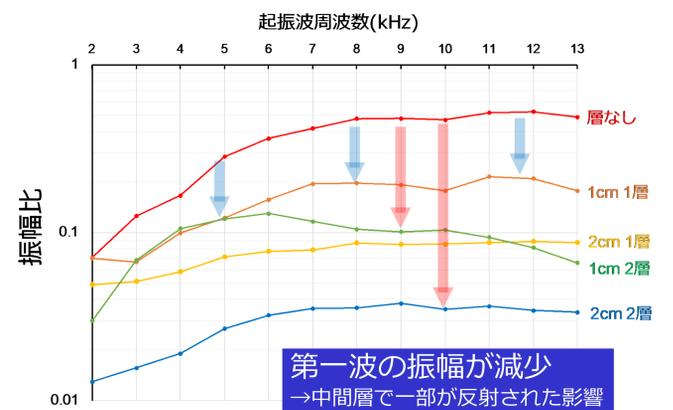
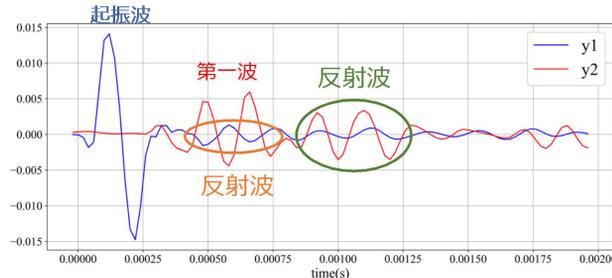
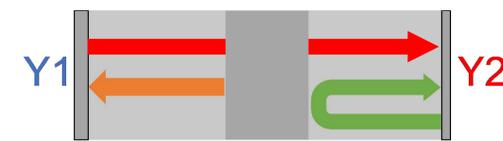
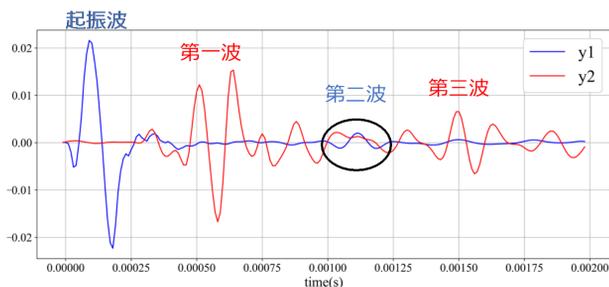
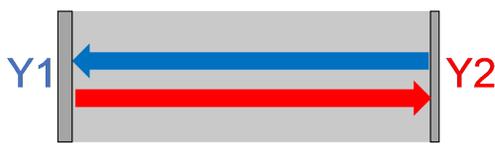


受振側振幅  $A_1$ 、起振側振幅  $A_0$



地盤振動の減衰の評価では、地中から伝わる弾性波としてせん断波の内部減衰に着目した。室内試験では円柱状供試体による一次元での室内振動伝播試験を行い、複数の起振方法や計測方法、解析手法から、電気的な起振による複数パルスの振動を周波数解析する方法を選択した。フィールド試験では定常波起振装置による振動伝播の計測を起振点近傍にて行い、幾何減衰を考慮した上で実体波としてのせん断波の内部減衰特性を評価した。室内試験で計測された内部減衰定数と北海道安平町でのフィールド調査で計測された内部減衰定数とを比較し、その結果、室内試験でも地盤の減衰が計測可能であることを示した。

### 中間層の配置による弾性波振動の減衰効果



地中を伝わる地盤振動の抑制方法として地盤内に配置された硬軟の異質な中間層が弾性波の伝播に与える影響を検討し、室内試験ではプラスチックの中間層を配置した場合のせん断波の伝播特性の変化を検証した。単一パルスによる起振では、中間層が一部を反射し受信側に到達する第一波のエネルギーを分散させることで、振幅比が減少することを明らかにした。定常波振動では、中間層での透過波、反射波とが干渉して複雑な応答となるものの、層境界の不連続面でのエネルギー損失によって、振幅比が減少する傾向が確認された。密度や弾性波速度の異なる材質による中間層を配置すること、多層構造にして不連続面を増加させることで、地盤中を伝わる弾性波の振動伝播抑制が実現できる可能性が示唆された。

