

PC 壁体と鋼管パイルによる振動遮断効果の比較

立命館大学工学部 フェロー会員 早川 清
 立命館大学大学院理工学研究科 学生会員 橋本 佳奈
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 鍋島 康之
 日本コンクリート工業(株) フェロー会員 可児 幸彦

1. はじめに

人間の生活環境には、非常に快適な住空間が求められている。また、鉄道・道路交通機関の向上や超精密機械・施設などのような先端技術の高度化が進められており、自動車の高速走行や建設現場での大型重機の稼働などが振動源となり、構造物や人体に悪影響を及ぼすことが環境問題として注目されている。このような振動に対して現在までに多くの対策が提案されているが、様々な制約により最良の振動遮断法が開発されているとは言い難い。

そこで本報告は、伝播経路における地中壁の利用に着目し、中空部を有するコンクリート製構造部材のPC壁体を用いた野外中規模実験およびEPS地盤における鋼管パイルを用いた室内模型実験での振動遮断効果を検証する。

2. 中空PC壁体による野外中規模実験

2.1 実験対象領域の概要および実験方法

測定はBKCキャンパス内エクセル3（土質実験室）前の敷地にて行っており、測定概要は参考文献¹⁾に示す。

2.2 各防振壁材に着目した距離変化および各埋設段階の低減量の比較

図-1はPC壁体による効果を比較するために、加振点A~Lのラインでの振動加速度レベルの距離変化の代表例として、加振点Dの例を示す。この図より空溝、PC壁体共に壁体背後の測点における振動値が約20dB以上減少している。一般に、加振点付近に施工される遮断壁は、P波やS波などの実体波の遮断に有効であることが知られている。従って、今回の衝撃加振実験により発生させられた振動に効果的に作用したと考えられる。図2は、縦軸に振動低減量、横軸に各埋設段階をとり、空溝部分および壁体の埋設深さごとの振動遮断効果を比較したものである。ここでの振動遮断量は、壁体設置前後の振動加速度レベルの差である。この図より、全体的に100cm（壁体埋設部分100cm、空溝部分50cm）のときが、一番低減効果が現れている。この原因として、空溝および壁体側面からの反射波と加振源からの波動との干渉により、相乗効果が生じたのではないかと考えられる。

2.3 振動軽減効果の評価

振動遮断工法において中空部を有するPC壁体の振動遮断実験（高浜・一宮）は、過去において幾つも行われている。これらの結果に既往の調査結果を加えてPC壁体の振動遮断効果をまとめ、今回の実験値をプロットし比較したものが図3である。今回の実験による測定値は、最大の振動軽減量と最小の振動軽減量のほぼ中間辺りに分布している。現地振動実験と今回の実験には、振動軽減量に関する影響パラメータに相違がある。しかし、今回の実験値は概ね同じ様な傾向を示すと推察できる。本実験の振動源が現地実験と同じ衝撃加振であることや、今回対象とした振動数が現実に問題となる振動数に近いものであったことが要因の一つであると考えられる。そこで、図4に今回の実験のみを図3と同じ方法でグラフ化した。これにより求められた今回の結果を近似すると次式のようなになる。 $VRV = 24.1r^{-0.13} \dots (1)$
 上式より壁体背後から10mのところでも約17dBの軽減量が得られることから、振動遮断効果の有効性が明確に理解できる。

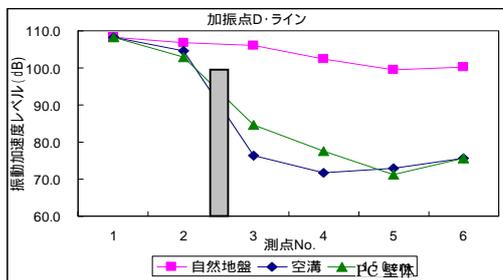


図-1 PC壁体に着目した距離減衰特性

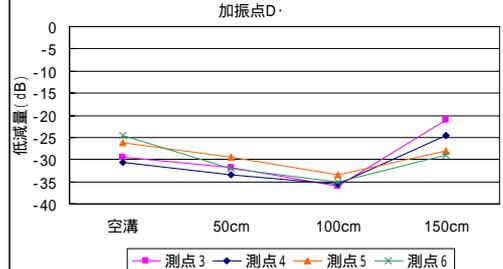


図-2 各埋設段階の振動遮断効果

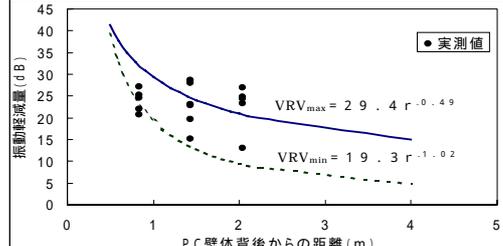


図-3 現場実験による振動軽減効果

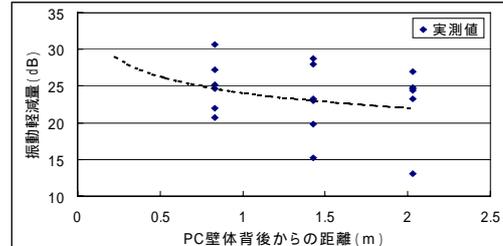


図-4 野外中規模実験による振動軽減効果

3. EPS地盤を用いた鋼管パイルの室内模型実験

3.1 測定概要

本研究で用いた EPS ブロックは縦 100 cm、横 60 cm、高さ 50 cm、密度 20 kg/m^3 (弾性波速度: 約 320 m/sec) である。模型地盤底面からの反射波を防ぐために、模型地盤下部に豊浦砂を敷いた木枠を設置した。図 - 5 に EPS 模型地盤の加振点、計測線・計測点および鋼管配置位置を示す。計測点は加振点を中心に 15 度間隔に計測線を取り、その測線上に 9 cm 間隔で計測点を設置した。また今回の実験で用いた鋼管は外径 11.0 cm、内径 9.8 cm、高さ 40 cm、質量 6.3 kg のものを用いた。発生振動は電気式の加振装置を用いて上下方向に連続的に振動させ、加振周波数は 50 ~ 300 Hz まで 50 Hz 間隔で 6 段階について行った。振動計測には振動加速度計を用いて EPS ブロック表面における振動加速度 (gal) を計測した。

まず、初期状態として図 - 5 (a) に示す EPS ブロックについて振動減衰現象を計測し、次に図 - 5 (b) に示す鋼管を埋設した EPS ブロックについての振動加速度の計測を行い鋼管列前後での振動遮断効果について検討した。

3.2 鋼管埋設 EPS ブロックの振動減衰挙動

図 - 6 は鋼管を埋設した EPS 模型地盤の LineC における加速度振幅比である。50 Hz の試験ケースでは、ほとんど減衰が見られず、若干の増加あるいは横ばい傾向を示す。この傾向は他の計測線においても確認され、低振動周波数帯での振動遮断効果が低いことがわかる。しかしその他の振動周波数では鋼管列背後部分 (計測点 No. 3 ~ No. 6) だけでなく鋼管列間にある計測点 No. 2 においても、明らかな振動加速度振幅比の減衰が見られる。

3.3 波動透過理論による振動遮断効果の評価

本実験は鋼管柱列であるので、鋼管の体積から矢板形と仮定し、壁幅を求めて壁体の理論式にあわせた。図 - 7 は、波動透過理論により求めた鋼管柱列の値、実験値より算出した値、さらに鋼管柱列の振動軽減効果を比較するために PC 壁体での理論値をプロットした。一方、図 - 8 は中空部を考慮するために、壁体もしくは鋼管の中空部を等価な断面積の空溝であると仮定し、理論式を補正した計算値をプロットした。波動透過理論においては、壁体の設置長さおよび深さが無限遠であるのに対し、実際の実験では有限長である。その影響を含む値が実験値として出るため、波動透過理論の値より低減量が小さくなる。また、今回の実験では、壁体と違い鋼管と鋼管の間が開いているため、その間を通過する波動の影響も考えられる。しかし、図 - 8 を見る限りでは、PC 壁体の低減量と比べても大きな差は見られなかった。

4. まとめ

各埋設段階の低減量比較より、全体的に 100 cm のとき一番低減効果が現れている。このことより、壁体の埋設深さと空溝深さと振動低減量の特定の関係があると推察される。

鋼管パイルの実験結果より実施工への適用を考えると、PC 壁体に比べ、柱状であるのでボーリング等での施工で比較的容易に埋設できる点や、鋼管の造りやすさの点などから、十分、利用できるのではないかと考えられる。しかしながら、鋼管の孔径や配列の間隔、仕方によっての特性をさらに明らかにする必要がある。

現地振動実験との振動遮断効果の比較より、概ね同じ傾向を示すことがわかった。影響パラメータを相似的に評価することができたからと考えられる。現場での実際の施工に今回の測定結果を関連付けて評価することも可能であると思われる。

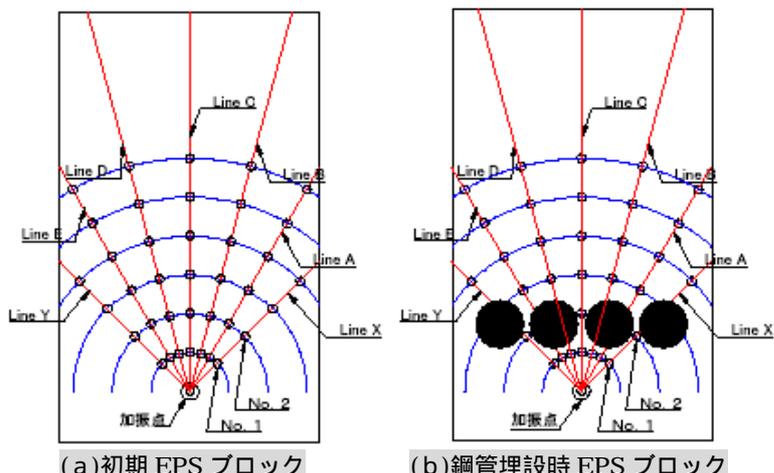


図 - 5 EPS 模擬地盤および計測線

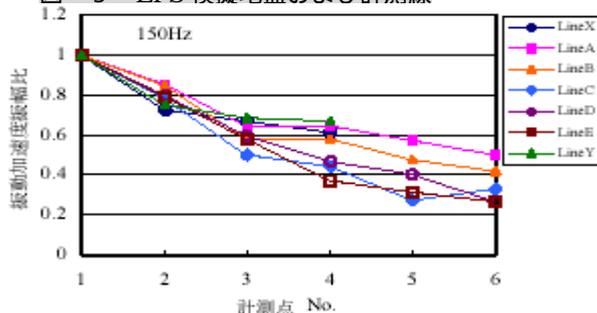


図 - 6 初期 EPS ブロックにおける振動減衰挙動

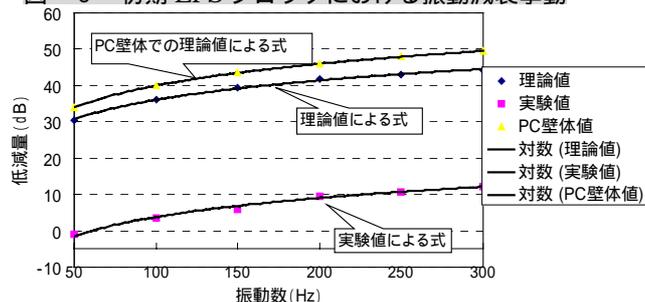


図 - 7 波動透過理論による比較 (中空部無し)

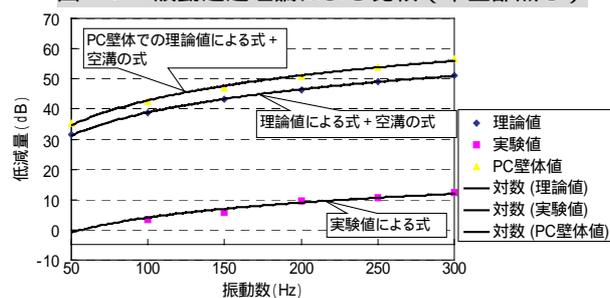


図 - 8 波動透過理論による比較 (中空あり)

参考文献: 1) 早川 清、橋本佳奈、可児幸彦: PC 壁体の振動対策事例および遮断メカニズムに関する実験的考察、第 47 回地盤工学シンポジウム、pp.349 ~ 356、2002. 11.