廃タイヤ地中壁による波動伝播特性に関する衝撃加振実験

立命館大学　フェロー会員　早川　清
立命館大学大学院　正会員　中谷　郁夫
株式会社オーク　正会員　○森脇　昌一
株式会社オーク　正会員　小関　紘子

１．はじめに

地盤振動問題における伝播経路対策として、いくつかの地中振動遮断壁の研究を行っている[1)]。この場合の材料としては、鋼矢板やコンクリートなどの地盤に対しての波動インピーダンス（波動速度×密度）の大きい剛な材料や発泡スチロールや発泡ウレタンなど波動インピーダンスの小さい軟らかい材料などである。写真 - 1 に示すタイヤは新たな遮断壁として提案する廃タイヤを鋼線で杭状に連結した廃タイヤ地中振動遮断壁（以下遮断壁）である。廃タイヤの発生は、ここ数年のデータでは年間約１億本、ゴムの重量で 100 万ｔが国内で排出されている。その処分方法は 90%がリサイクルされているが、40%はサーマルリサイクルなどの燃料利用であり、近年問題となっている CO_2 排出による地球温暖化への影響が懸念されている。また、近年では廃タイヤを粉砕して地盤材料などとして使用する研究が進められるなど、土木分野への適応が検討され注目されている。タイヤは、荷重に対して弾性的な挙動を示すことから内部減衰効果が期待されるが、振動低減効果にどのように関与するのか、明確には分かっていない。また、遮断壁の中空部にはタイヤチップやコンクリートなどの材料を充填しているが、その場合が振動低減にどのように影響しているかも分かっていない。これらを明確にするためには、実験などにより傾向を確認することが必要であると考えられる。そのために、著者らは基礎実験の一つとして、フィールド実験場において振動実験を行った。実験では、基本特性を把握するために、加振条件の設定を車両の段差走行時に発生する衝撃的な振動を想定して、重錘による加振を選択して実施した。その結果から、地表面における距離と振動低減効果の関係を確認するとともに、さらに埋設深さの水準を変化させることによる振動低減傾向を確認したので、これらについて報告する。

写真 - 1　廃タイヤ振動遮断壁

２．実験概要

実験は、兵庫県豊岡市のフィールド実験場に普通自動車用のφ60 ㎝のタイヤを 16 列配置して 3m～6m の深さに埋め込み、振動遮断壁の端部（自然地盤）と中央部の振動低減効果量の傾向を把握するための実験を行った。図 - 1 は、地表面の計測配置を示したものである。計測点および計測ラインは、遮断壁端部のラインと中央部ラインの長さ L＝13.0m の 2 ラインとして、遮断壁の前後では波動の低減挙動を詳細に観測するために 50 ㎝間隔と 1.0m 間隔に配置して、その後 2.0m の間隔で 1 ライン当たり 10 点×2 ラインの合計 20 点の計測配置とした。また、遮断壁の埋め込み深さを GL-3.0m, GL-4.0m, GL-6.0m の 3 水準を設定して、埋め込み深さと振動低減効果に関する関係も確認した。

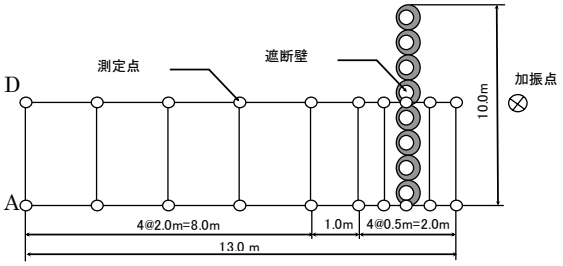

図 - 1　計測配置図

計測における振動の入力は、質量 300kg の重錘を用いて高さ 1.5m からの自由落下法で行い、そのときに地盤が応答する振動加速度レベルを観測した。計測装置は 7 台の振動レベル計（リオン株式会社、VM-52）を同時に使用してデータレコーダー(ティアック電子計測株式会社、LX-10)を介して振動加速度レベル（VAL）の上下成分（Z 方向）の計測を行った。

キーワード：地盤振動，振動低減，波動伝播，廃タイヤ
連絡先　：早川　清　立命館大学　〒525-8577　滋賀県草津市野路東 1-1-1　TEL077-561-2789　FAX077-561-2789

3．実験結果と考察

写真 - 2 は、実験フィールドにおける振動遮断壁の地中への埋設状況である。また、その地盤状況は、ボーリング調査より地表面から GL-7.0m は、シルト混じりの砂礫で構成され、平均 N 値が 20 程度であり、それ以深では、風化土で N 値が 30 程度である。地盤の応答特性を把握するために、N 値と S 波速度との関係式 (1) よりせん断波速度を推定する。N 値=20 から 248m/s と推定される。これは、従来からの砂礫の伝播速度の知見と符号している[2)]。

$$Vs = 97N^{0.314} \qquad (1)$$

ここに、Vs：せん断波(m/s)　N:平均 N 値

写真 - 2　振動遮断壁の地中埋設状況

3.1　距離減衰の傾向

図 - 2 に示すグラフは、代表的な計測データとして、埋め込み深さを6m とした場合の自然地盤である遮断壁端部の A ラインの振動加速度レベルの低減挙動と遮断壁中央部の D ラインの低減挙動を示したものである。D ラインの遮断壁の背面直後では、A ラインと比較して 3 dB程度低減傾向を示しており、その後も同様に 3 dB～4 dB程度の低減傾向が確認できる。既往の研究においては、遮断壁から 10m 程度離れると回折の影響により自然地盤と同じ値を示すのが一般的であるが、今回の実験ではその傾向が現れていない。このことから、回折波動の影響が少ないことが確認できる。また、振動遮断壁の天端で計測したデータに着目すると、自然地盤と比較して 15 dB程度の低減を示した後に、壁の背面 1m 程度では 3 dB程度の相違となり増幅されている。これは、既往の鋼矢板による振動遮断の研究において鋼矢板自身が複雑な挙動を示し、振動を発生させる二次的振動源となって起因する知見[3)]と符号している。

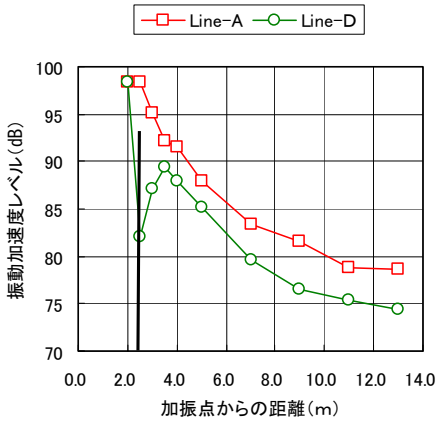

図 - 2　低減挙動の比較

3.2　遮断壁の埋込み深さの振動低減への影響

遮断壁の埋め込み深さと振動加速度レベル比の関係を示したものが図 - 3 である。振動加速度レベル比は、中央部の D ラインにおける遮断壁の前面と背面の低減比である。埋め込み深さが深くなるほどレベル比が大きくなり、2 因子の関係は比較的良い相関関係にあることが分かった。

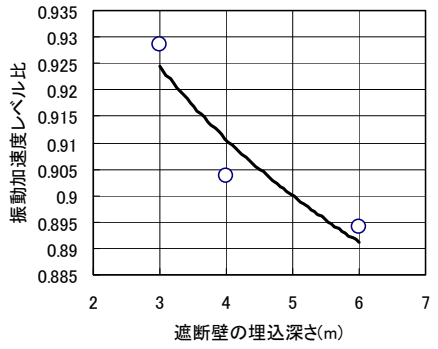

図 - 3　埋込み深さと振動加速度レベル比の関係

4．まとめ

今回の実験では、3 水準の埋め込み深さの振動低減効果について観測を行った。この結果、以下に示す(1)～(3)の事項が明らかとなった。また、その結果から今後の課題が明らかとなった。

(1) 衝撃加振実験における遮断壁の振動低減効果量は、振動加速度レベル（VAL）で 3 dB～4 dB程度である。

(2) 遮断壁の埋め込み深さと振動加速度レベル比の関係には相関関係が認められる。

(3) 今回の実験では、地表面における一定の低減傾向が確認できたが、今後、遮断壁背面の増幅現象などを解明するためには、地中における伝播状況を把握することが必要であると考えられる。

参考文献

1) 早川：地盤環境対策工法(2)，地盤工学会　「軟弱地盤対策工法の最新技術」講習会，2005，2)経済産業省産業技術環境局：公害防止の技術と法規（振動編），pp. 96-97，1996，3)庄司正弘，西村忠典：鉄道振動対策に関する数値シュミレーション解析事例，土木学会関西支部共同研究グループ”鉄道振動の予測・防止に対する研究会”報告書、pp. 25-34, 2003.