

中詰め高減衰材として廃タイヤシュレッドを使用した 交通振動対策工法「ハニカムWIB」の開発



所属名：岡山大学大学院
環境学研究科
発表者：竹宮 宏和

1. まえがき

人工振動源に対処するために、現在、様々な振動軽減工法が開発されている。溝工法、連続地中壁工法柱列工法などがある。本研究は、その中でも筆者らが開発してきているWIB工法¹⁻³⁾の発展上にあり、減振効果が格段に期待できるWIB (Wave Impeding Barrier) 工法を推進したものである。WIBによる防振原理は、硬いセル壁による入射波の散乱減衰と高減衰の中詰め材によるエネルギー消失に基づいている。WIB工法は道路交通振動の場合、道路の直下あるいはその周辺地盤に剛性の高い埋設バリアを設け、振動を遮断する工法である。研究の遂行は、具体的には、プレキャストWIBの基本パーツを工場作製し、それらを地中埋設でハニカムセル形状に構築し、各セルの中詰めを廃タイヤシュレッドで施工したフィールドを作成した。この対策地盤で、各種の加振装置・方法をとって加振し、それに伴う地盤振動の計測を行い、タイヤシュレッド中詰めWIBの減振の有効性に関して検証を行った。WIBの中詰め材として、廃タイヤシュレッドを用いた。これは筆者らが提案した防振原理を創出する実用的な工法への試みである。

2. フィールド実験

本フィールド実験では、加振源にはガイドハンマーによる衝撃加振、キャタピラ車走行による擬似周期加振を与え、地盤の速度応答を計測した。本フィールド実験のサイトは扇状地であり、砂質土が堆積している良好な地盤である。図-1の分散特性を参照に、現地はせん断波速度が200 m/s程度あり、加振装置の加振振動数が10Hz程度以上となることから波長で数mとなる。上記のプレキャストWIBのサ

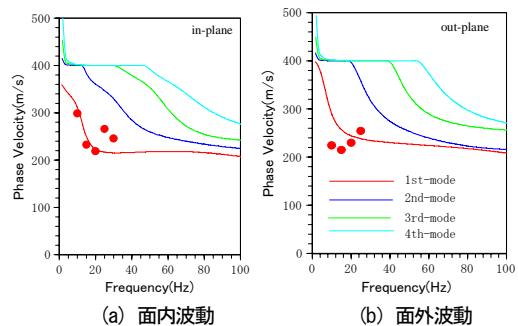


図-1 波の分散特性

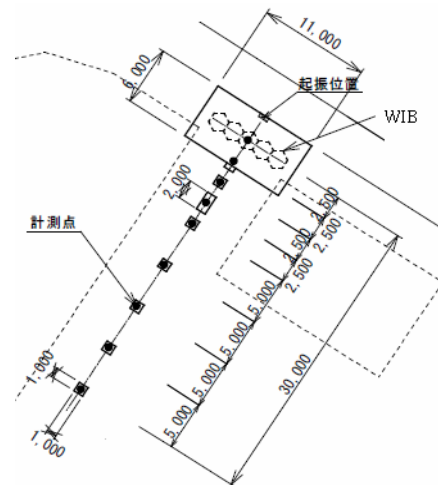


図-2 計測アレー



写真-1 振動計測風景

イズは、これに見合ったものとした。調査ケースは、順次、異なる対策工を形成して無対策時の場合との比較をし、それらの振動低減効果を評価した。

計測地点は図-2に示す。計測機材は東京測振製SPEC-51を使用し、サンプルリング周波数は500Hz、計測時間は、ガイドハンマー加振では5秒、起振機加振では10秒、キャタピラ車走行では30秒で計測した。対象としたのは鉛直速度応答、測線に沿った同水平速度応答（以下、面内成分と呼ぶ）および測線に垂直な水平速度応答（以下、面外成分と呼ぶ）である。

実験ケース

ケース 1: 無対策時の状況

ケース 2: トレンチ対策工の状況

ケース 3: 2" ~ 4" カット片のタイヤシュレッドのトレンチ中詰め

ケース 4: 波型プレキャストコンクリート壁とタイヤシュレッド(図-3)

ケース 5: タイヤシュレッドの中詰めハニカム WIBが1列の状況(図-4)

ケース 6: タイヤシュレッドの中詰めハニカム WIBが2列の状況(図-5)

振動対策工に対するフィールド振動実験は、まず、トレンチを掘削して異なる加振源を用いた。その後、プレキャストコンクリート壁を現場で構築し、その両サイドにトン袋詰めしたタイヤシュレッドを3段に投入した。この状態で加振実験を行った。引き続いて掘削幅を広げ、ハニカム1列のWIB工を現場で組み、ハニカムセル中詰めを直した。併せて測定側の空間もトン袋詰めしたタイヤシュレッドで埋めた。この状態で加振実験を行った。最後に、ハニカムセルが2列となるようにさらに掘削幅を広げ、プレキャストコンクリート壁を現場で

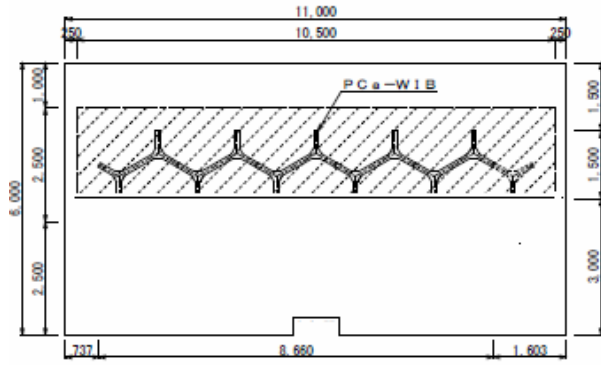


図-3 波型PC壁と2" ~ 4" カットタイヤシュレッド

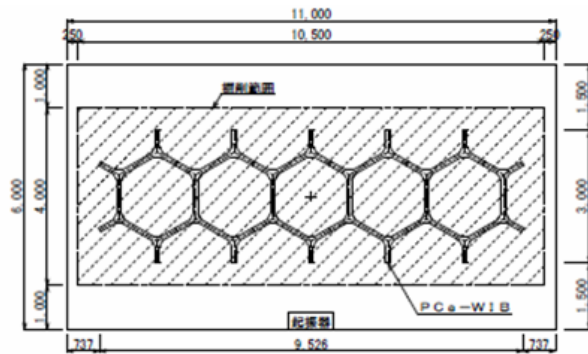


図-4 タイヤシュレッドの中詰めハニカム WIB1 列の状況

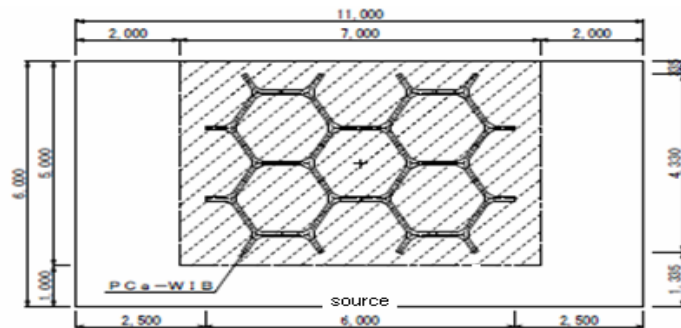


図-5 タイヤシュレッドの中詰めハニカム WIB2 列の状況

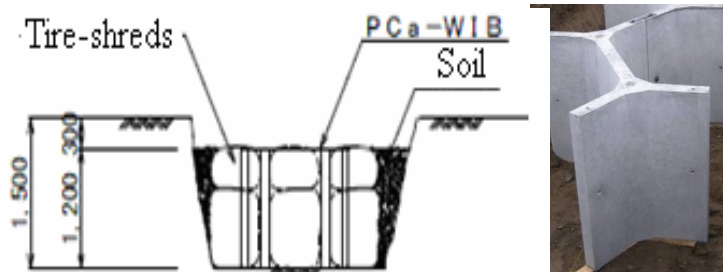


図-6 プレキャストPC設置断面

再構築し、その中詰めと両サイドにトン袋詰めしたタイヤシュレッドを3段に投入した。

ハニカムセルのサイズは、図-6に示す1辺はいずれも1mである。したがって、相対する頂点を結ぶ代表サイズが2mとなっている。対象サイトのせん断波速度が約200 m/s で対象振動数が20 Hz の状況下では、加振による伝播速度の波長は約10 m と予測される。当該ハニカムセルの1列では波長の1/4程度、ハニカムセルの2列では波長の1/2程度となっている。これらのパラメータの下では、WIBの減振理論からすれば、大きな効果が期待できるものと思われる。

3. 結果と考察

計測では、速度波形の時刻歴応答を記録し、その波形から振動数成分を調べるためFFTからフーリエ振幅を求めた。無対策時と各種対策工の場合の比較から後者の減振効果を調べた。

一般に環境振動は振動レベル値で評価されるので、ここでも振動レベルを次式より評価した。

$$VAL = 20 \log_{10} (a_p / a_0) \quad (1)$$

なお、 a_p は絶対最大値、 $a_0 = 10^{-5} [m/s^2]$ は基準値を指している。実際には計測を速度値で行っているが、振動の低限度の評価は相対的であり、各種工法による最大速度値の比が振動レベル値としての差として評価される。

図-7～図-11は、各防振工の減振効果を評価するのに応答最大値をとって無対策時と比較したものである。それぞれにおいて計測距離25mの範囲で平均をとって評価した。評価値がマイナスになっているのは減振効果であり、プラスは却って増幅効果になっていることを意味する。ガイドハンマーは面外と面内方向の応答が誘発されるように打撃する方向を調節したが、起振機は鉛直成分応答が主体である。キャタピラ車走行は移動加振であるため、面内と面外共に対象となる。実験結果より対策工としてトレンチの場合には一次元理論から期待される3～4dBが得られ、タイヤシュレッド中詰めWIBは10dB以上でその優位性が強調される。

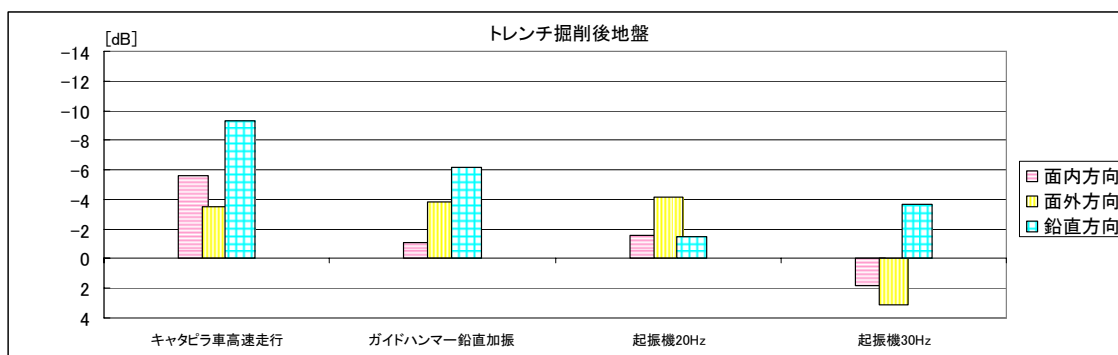


図-7 トレンチによる減振効果の加振源別の比較

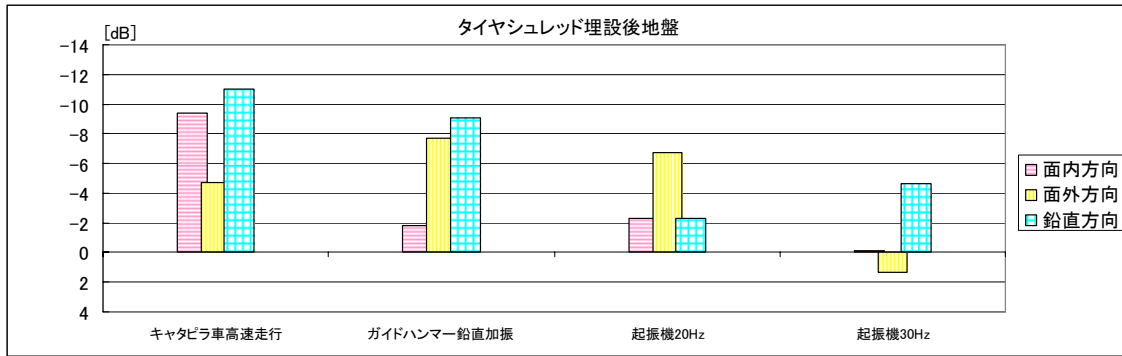


図-8 タイヤシュレッド埋設による減振効果の加振源別の比較

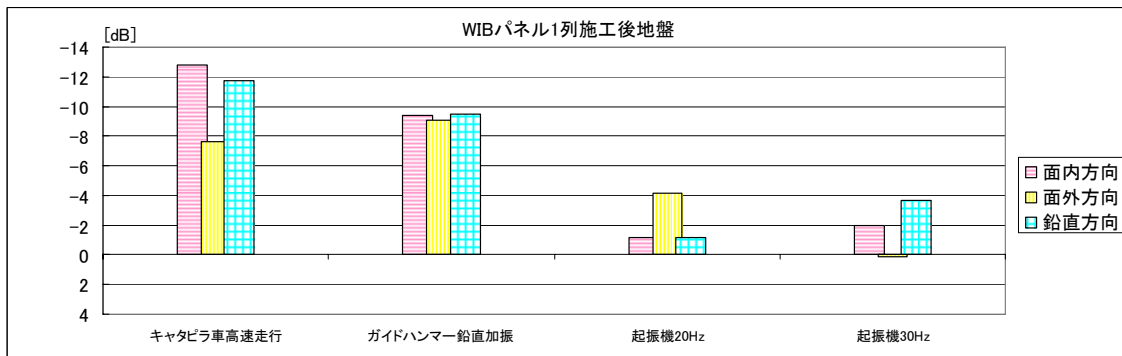


図-9 ハニカム WIB パネル1列による減振効果の加振源別の比較

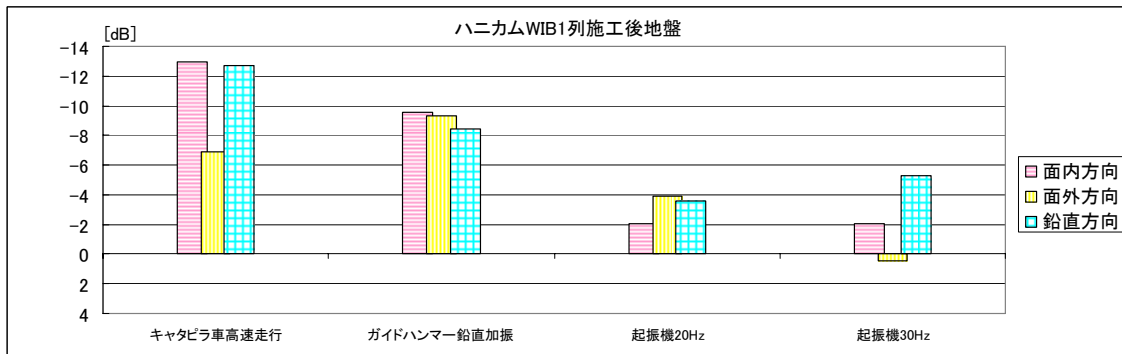


図-10 ハニカム WIB 1列による減振効果の加振源別の比較

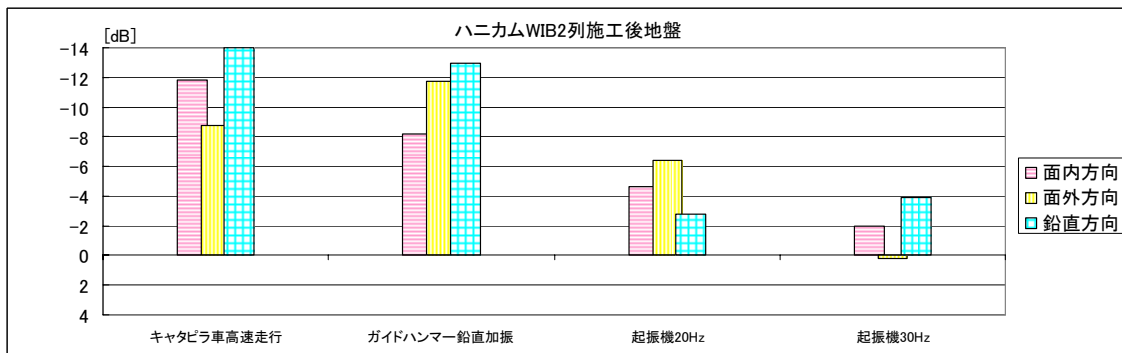


図-11 ハニカム WIB2 列による減振効果の加振源別の比較

4. むすび

本研究では、フィールド実験からハニカム WIB による減振効果を検証した。比較対象としての減振工法にトレンチ、タイヤシュレッドのみの埋設、WIB パネル、ハニカム WIB1 列、ハニカム WIB2 列の配列のレイアウトである。加振装置は、ガイドハンマー(78kgf)、キャタピラ車、起振機(30kgf)である。ただし、実験においてのこれらの加振装置の性能、WIB 設計の観点から、振動数 10Hz より上の帯域に限定してのフィールド実験検証に限定した。実施した 6 ケース防振工の減振効の比較から、以下に述べる結果が導ける。

- (1) ガイドハンマー加振で発生させた振動波に対して、WIB 工法による有効な制振効果が確認された。振動エネルギーが WIB ゾーンで大きく吸収されていることが距離減衰曲線から認められる。
- (2) キャタピラ車を走行させる事で発生させた振動波に対して、WIB 工法による有効な制振効果が確認された。
- (3) 起振機で発生させた振動波に対しての WIB 工法による制振効果は、20Hz と 30Hz の加振振動数に大きく、また 10Hz にも他の加振源に比べて比較的小さくはあるが確認された。
- (4) タイヤシュレッド埋設による有効な制振効果が確認できた。ハニカム WIB による減振効果が他の減振工法よりも上回っており、WIB パネルの繰り返しと中詰めタイヤシュレッドの組み合わせ効果による制振効果が確認できた。

《謝辞》

本研究の遂行に際して、社団法人中国建設弘済会の技術開発に関する平成 17 年度—18 年度助成を受けた。ここに同社団法人に感謝の意を表する。

〈参考文献〉

- 1) Takemiya, Hirokazu, Field vibration mitigation by honeycomb WIB for pile foundations of a high-speed train viaduct, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* Vol.24, pp.69-87, 2004.
- 2) 竹宮宏和・島袋ホルヘ：交通振動対策法「ハニカム WIB」の減振効果—高架橋基礎周辺配置ケース—, 土木学会論文集 No. 808/I-74, 103-112, 2006. 1.
- 3) H. Takemiya, J. Shimabuku and K. Ida, Mitigation of ground vibrations due to traffic on viaduct by honeycomb WIB, *Proc Symp. on Environmental Vibration Prediction and Countermeasures*, Japanese Geotechnical Society, 2004.5, pp.173-178.