

杭基礎-地盤系に対する減振工法—ハニカム WIB の コンピュータ・シミュレーションからの検証

岡山大学環境理工学部 正会員 竹宮宏和
(株)構造計画研究所 正会員 島袋ホムヘ

1. まえがき

筆者は、軌道構造物から発生する列車・交通振動に対する減振工法としてハニカム・セル WIB を提案している。本研究は、杭支持の高架軌道を念頭において、杭の即近傍と振動伝播経路上の配置の差に注目して、その有効性をコンピュータ・シミュレーションから検証したものである。なお、振動レベル評価においては、速度応答に基づく下記の式を使用する。

$$L(f_k)[dB] = 20 \cdot \log_{10} \frac{V_{RMS}(f_k)}{V_0}, \quad V_0 = 10^{-6} [\text{in/sec}], \quad V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \bar{v}(t)^2 dt} [\text{in/sec}], \quad (\text{ANSI})$$

2. ハニカム・セル構造 WIB 減振工法

高速列車走行に対して高架軌道構造の揺れが原因する低振動数帯域を対象として、竹宮は減振工法としてハニカム・セル構造 WIB による減振工法を提案している。その設計法の原理は波動の分散性を応用して遮断振動数を創出するもので、対象波長に対してハニカム・セルの構造諸元を決定する。壁体ソイル杭と中詰め材の剛性比は目標波動インピーダンス比から決定する。ハニカム・セル構造 WIB の施工範囲は、水平面内の波動の影響するターゲット範囲を考えて、深さは対象サイトの卓越波動と杭体の変形特性値から決定する。WIB の設計は、文献^{1)・2)}での成果を利用している。WIB 中詰め材は、図-1 に示すように上層のみにタイヤシュレッドと土とセメントの混入材を使用する。ソイル杭とタイヤシュレッドの物性値は表-2,3 に示す。

表 - 1 対称サイトの地盤物性

層	層厚 (m)	せん断波 速度(m/s)	密度 (t/m ³)	減衰 率	ポアソン 比
1	5	122	2.0	0.03	0.485
2	6	172	2.0	0.03	0.491
3	11	231	2.0	0.03	0.489
4	14	279	2.0	0.03	0.486
5	8	331	2.0	0.03	0.480
6	8	376	2.0	0.03	0.474
7	∞	405	2.0	0.00	0.469

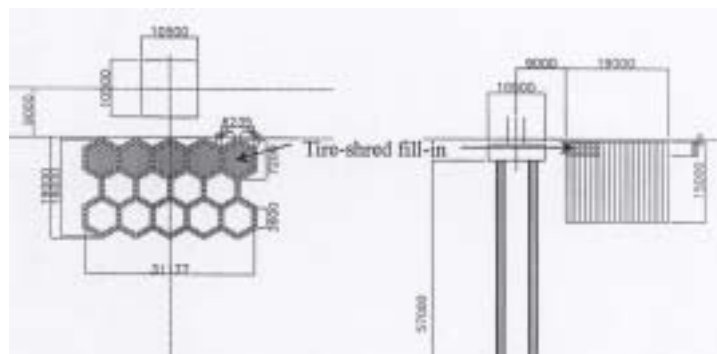


図-1 ハニカム・セル構造 WIB

表 - 2 ソイル杭の物性値

直径 (mm)	長さ L (m)	密度 (t/m ³)	弾性係数 E(t/m ²)	せん断波 速度 (m/s)	ポアソン 比	減衰 率
1000	15	2.00	530612	1000	0.40	0.02

表-3 タイヤシュレッドの物性値

長さ (m)	密度 (t/m ³)	弾性係数 E(t/m ²)	せん断波 速度(m/s)	ポアソン 比	減衰率
-0.50～- 2.50	1.40	500	35.7	0.40	0.10

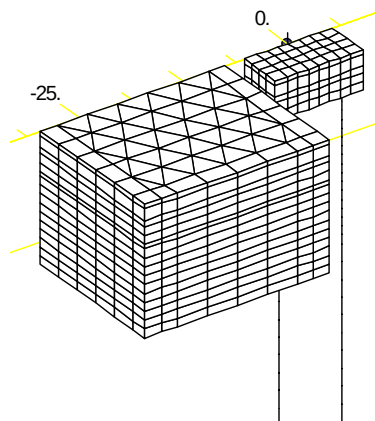


図-2 3次元 FEM 解析モデル

3. コンピュータ・シミュレーション結果と考察

高速列車の輪重から 15tf の加振力を橋脚天端において与えたときの周辺地盤の地表面応答を評価する。解析にはサブストラクチャ法による 3 次元解析プログラム、SuperFLUSH/3D を使用した。解析モデルを図-2 に示す。地盤は薄層要素法を用いて水平成層構造とし、ピア、杭はビーム要素、ハニカム・セル構造 WIB はシェル要素、WIB 中にタイヤシュレッドと土とセメントの混入材詰め材はソリッド要素でモデル化した。高架軌道を高速走行する列車からの周辺地盤へ与える振動は、軌道方向の成分が卓越することから、ここでは、同方向成分のみとした。WIB の設計では、発生源近傍の WIB と振動伝播経路上（基礎中心から 9m の距離）の WIB を選択とした。

図-3 は、対象高架橋からの最重要な 5Hz に対して、速度振幅において、実測値と比較して本解析の信頼性を確認し²⁾、経路上の WIB¹⁾ と今回さらに即近傍の WIB による減振効果を評価したものである。図-4 は、対象となる 2Hz~12Hz 振動数帯域での WIB 効果を評価したものである。この結果より 10 数 dB の減振効果が得られている。図-5 は、5Hz 加振時の地表面応答をマップ化して振動の伝播性状を調べたものである。図-5 (中,右) は WIB による減振性状を地表面応答において確認したものである。ここでは、軌道方向荷重に対する軌道方向応答の図-5(a)と軌道直角方向荷重に対する軌道直角方向応答の図-5(b)に注目し、WIB を杭基礎の即近傍に施工した場合と、経路上の WIB の減振性状を描いて比較した。地表面上において減振ゾーンを明確に把握するためにコンター図で、加振方向と応答方向によって対象波動場と減振効果を関連付けることができる。つまり、対象サイトでは、SH 波の伝播が際立っており、これを制御することで沿線への振動伝播を大きく減振させることができる。高架が軌道方向に振動を卓越させる状況では、経路上に平行に WIB を配置すること、一方、高架が軌道直角方向へ振動する状況では即近傍への WIB 配置が効果的であると結論できる。

軌道方向荷重に対する軌道方向応答

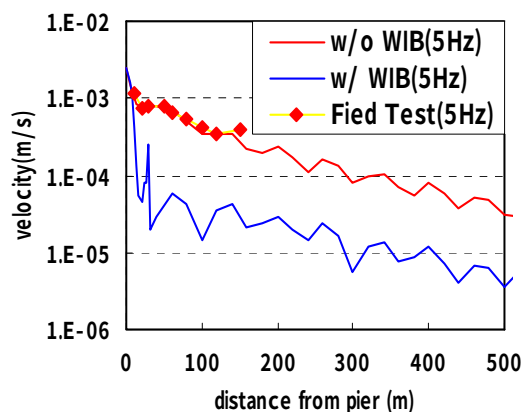


図-3 WIB 導入の減振効果

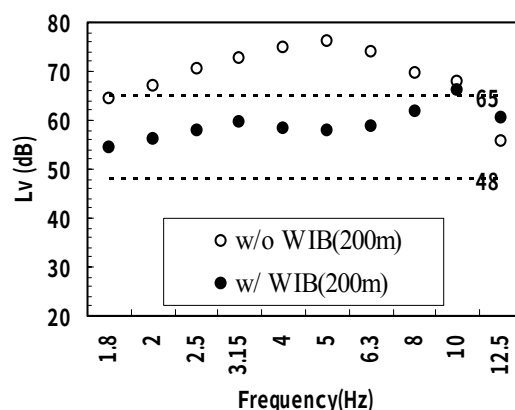


図-4 振動レベル値, WIB 導入の減振効果

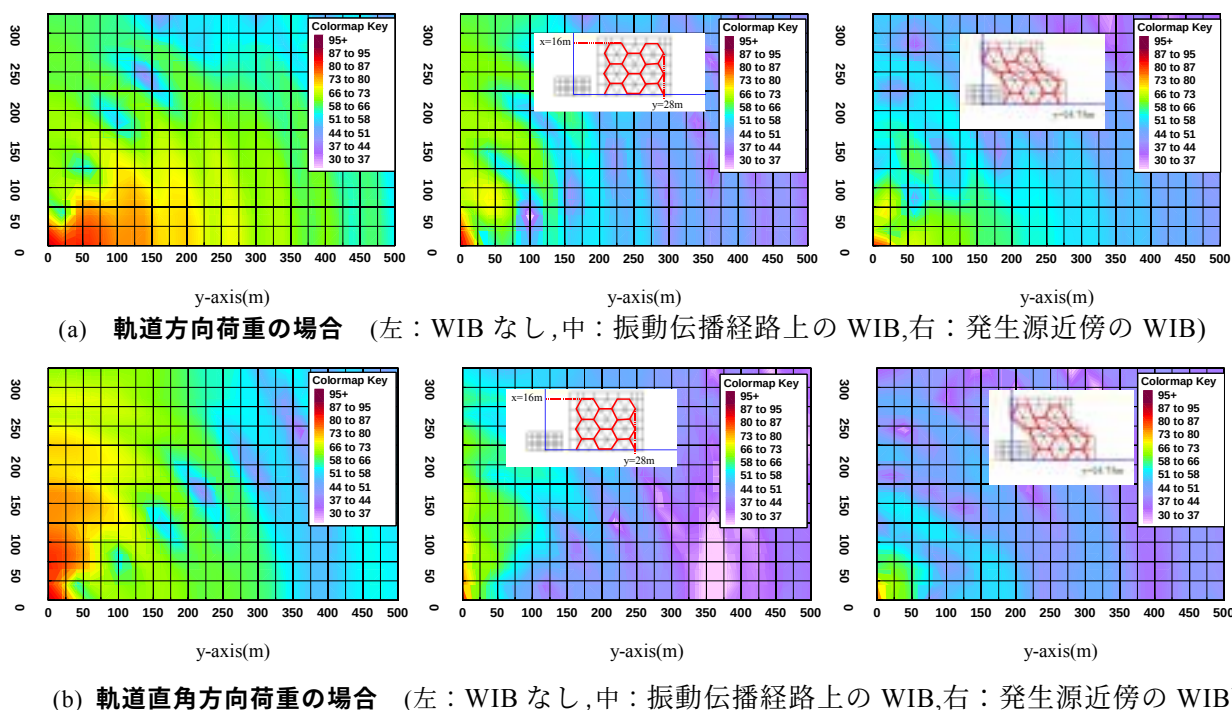


図-5 地表面水平応答(dB)

4. むすび

本研究で開発したハニカム・セル構造 WIB は、対象サイトの波動伝播特性から幾何学的な拘束に基づいて波動分散を発生させ、波動遮断効果を近似的に創出するもので、低振動数帯域において非常に制振効果を発揮する制振工法である。

参考文献 1) 竹宮・島袋：杭基礎-地盤系の振動性状を把握した減振工法—ハニカム WIB のコンピュータ・シミュレーションからの検討，第 38 地盤工学会研究発表会，2003 年 7 月，DS11. 2) 竹宮・島袋：杭基礎-地盤系の起振機実験 vs. コンピュータ・シミュレーションからの地盤内振動伝播性状，第 38 地盤工学会研究発表会，2003 年 7 月，DS11.