

ハニカム WIB による減振効果の3次元コンピュータ・シミュレーションからの例示

(株)構造計画研究所 正会員 ○ 島袋 ホルヘ
岡山大学大学院環境学研究科 フェロー 竹宮 宏和

1. まえがき

交通振動の沿線環境への負荷が問題となって、有効な対策工法が求められている。筆者らは、そのような振動の影響を解決するにおいて減振工法としてハニカム WIB を提案し、実験および解析結果より、非常に制振効果を発揮する工法であることを示してきている。本研究では、高架橋から発生する列車・道路交通振動に対して、ハニカム WIB の減振性状を3次元コンピュータ・シミュレーションから例示するものである。

2. 高架鉄道橋の事例

対象とした発生源は、図1に示す台湾新幹線の高架橋をモデルとした実験のため建設された橋脚杭基礎である。台湾新幹線の走行速度に300km/hを想定すると、高架橋の卓越振動数は、5Hz程度を予測されている¹⁾。また、波動伝播特性より地盤内発生振動の橋軸並行方向の振動（面外波動成分）が5Hz付近で卓越していることがわかっている²⁾。以上のことから、図2に示す振動伝播経路上と杭の即近傍のハニカム WIB モデルを用いて軌道方向の加振力による3次元調和振動解析を行った。解析手法としては、FEMと薄層要素法を用いたサブストラクチャ法（3次元解析プログラム SuperFLUSH/3D³⁾）を使用した。解析およびモデル条件に関しては、別論文⁴⁾で示した。

応答結果をANSI基準の振動レベル値(Lv)で評価した⁴⁾。図3に特定距離のLv値と振動数との関係を示す。これより、対策前には伝播波の卓越振動数が5Hz付近であったが、WIBの導入により8~10Hz付近までの低振動数帯域が低減されており、卓越振動数がこれへシフトされた様相と化している。図4は、最も重要な振動数5Hzに対して、実測値との比較で本解析の信頼性を確認すると共に、ハニカム WIB を想定した時の減振効果を評価した。着目振動数5Hzに対して、いずれのWIBも10dB以上の減振効果になっている。また、基礎からオフセットをとった経路上に設置した方が効果がより大きい結果となっている。

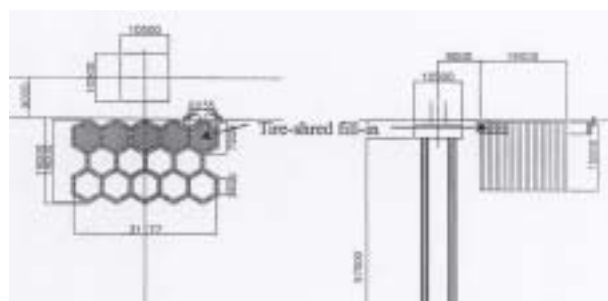


図1 振動源の杭基礎と減振工法のハニカム WIB

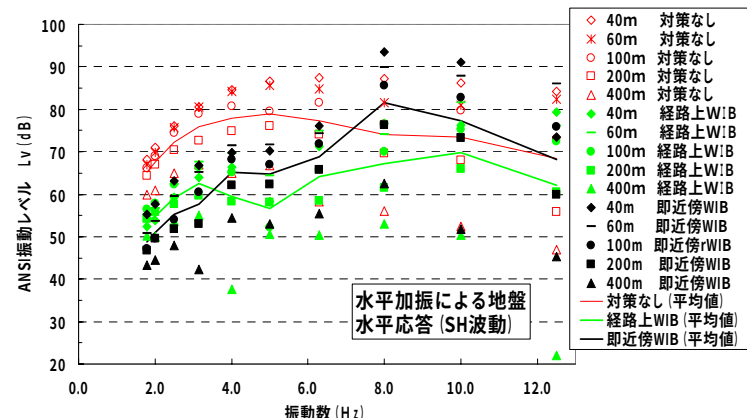


図3 対策前と対策後の卓越振動数および減振効果

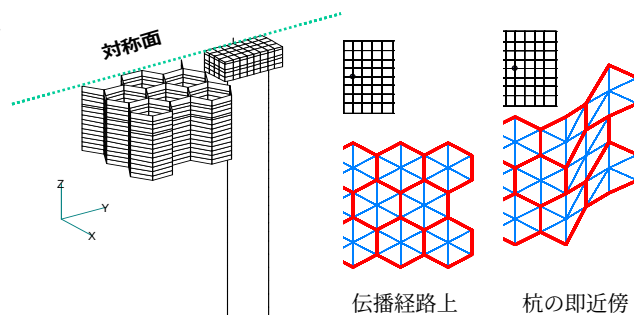


図2 3次元 FEM 解析モデル

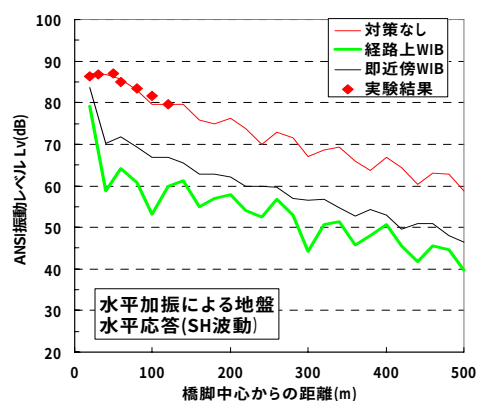


図4 距離減衰 (f=5Hz)

キーワード 環境振動, 地盤振動, 3次元解析, WIB 対策法
連絡先 〒700-8530 岡山市津島中3-1-1 岡山大学大学院環境学研究科

3. 高架道路橋の事例

対象とした高架道路橋は、曲線橋であるため、橋脚天端において水平力と共に橋軸直角回りのロッキング力を走行車両から受け、桁部は橋軸直交断面内の並進とロッキングの連成振動を示す⁵⁾。現地フィールド計測結果および波動解析より、地盤内発生振動が橋軸並行方向の振動（面外波動成分）が3Hz付近で卓越していることが分っている⁵⁾。以上のことから、ここでは図5に示す発生源近傍のハニカム WIB を想定し、3次元加振解析を行った。水平加振力(P2)は、鉛直載荷力(P1)から捉えて $P2 = \alpha P1$ で評価した。ここに α は走行速度に60~80km/hを想定すると、水平力として鉛直力の10%程度となる。解析およびモデル条件に関しては、別論文⁵⁾で詳述した。

応答結果を JIS 基準の振動加速度レベル値 (VAL) で評価した。ハニカム WIB により、ケーソン基礎と周辺の地盤の動的相互作用効果の変化を見るため桁部と橋脚天端（橋軸直角方向端位置）の振動数応答を橋軸に直交する横断面内で調べ、図6に描いた。特定距離の VAL と振動数との関係を図7に描いた。これより、ハニカム WIB は、基礎の卓越振動数を3Hz付近から4Hz付近へ高めると同時に、桁部では応答が多少大きくなるものの基礎天端の応答を非常に大きく低減している。このことは橋脚のスウェイとロッキングの連成振動が基礎において大幅にハニカム WIB により拘束され、基礎からの放出される振動エネルギーが大幅に低下を示唆している。また、最も重要な3Hz振動に対して10 dB以上の減振効果が得られている。

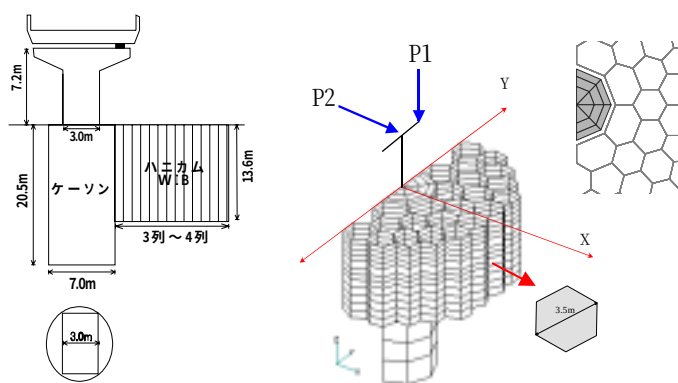


図5 対象高架道路橋脚および3列 WIB の解析モデル

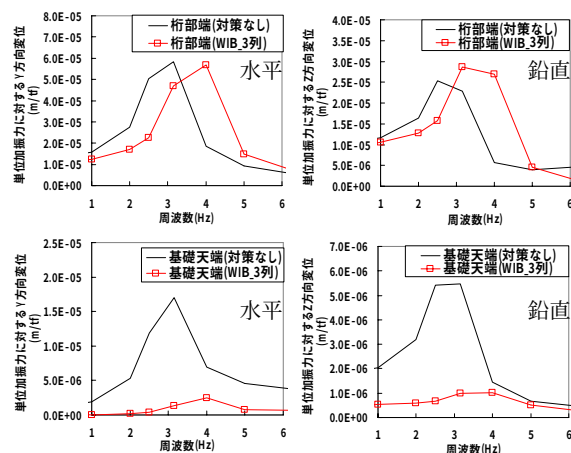


図6 桁と橋脚天端応答からの橋脚の卓越振動数

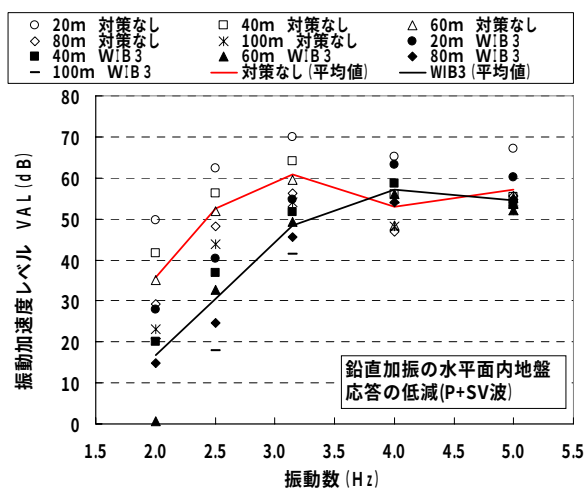
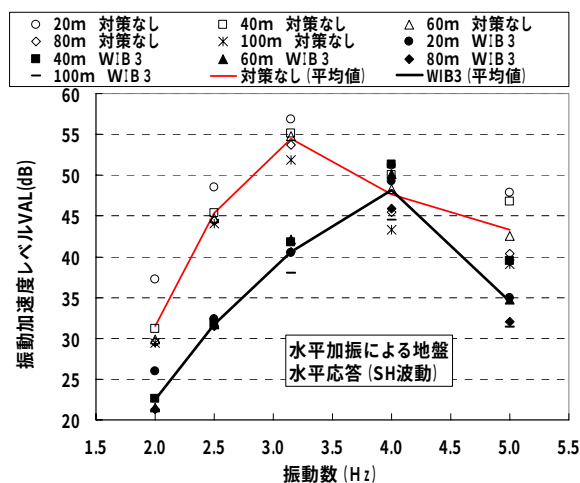


図7 対策前と対策後の卓越振動数および減振効果

4. むすび

本研究では、3次元コンピュータ・シミュレーションから振動対策工法のハニカム WIB は伝播波の遮断振動数を高振動数化することで低周波振動に対して非伝播効果が大きくなることを示した。

参考文献：(1)Takemiya: Field vibration mitigation by honeycomb WIB for pile foundations of a high-speed train viaduct, Soil Dynamics and Earthquake Engineering Vol. 24, 69-87, 2004. (2)島袋・竹宮：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，2255-2256, 2003. (3) SuperFLUSH/3D マニュアル、構造計画研究所。 (4)竹宮・島袋：杭基礎-地盤系の振動性状を把握した源振工法—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，第38地盤工学会研究発表会，2257-2258, 2003. (5) 竹宮・島袋・井田：高架道路橋からの環境振動への対策工法ハニカム WIB，地盤環境振動の予測と対策の新技术に関するシンポジウム，地盤工学会，173-178, 2004.